

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-фізичний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Ливарного виробництва чорних і кольорових металів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) М.М.Ямшинський
(ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за напрямку підготовки 6.050402-Ливарне виробництво

(код і назва)

на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка
“Медаль” та організація роботи плавильного відділення ливарного цеху»

Виконав: студент IV курсу, групи ФЛ-51

(шифр групи)

Сидоренко Андрій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник к.т.н. доцент Фесенко М.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант Економічна частина к.т.н. ст. викладач Нараєвський С.В.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант Охорона праці к.т.н. доцент Зацарний В.В.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант Нормоконтроль к.т.н. доцент Федоров Г.Є

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

Інститут (факультет) Інженерно-фізичний

(повна назва)

Кафедра Ливарного виробництва чорних та кольорових металів

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 6.050402 - Ливарне виробництво

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М.М.Ямшинський

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«15» квітня 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Сидоренку Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Розроблення технологічного процесу виготовлення
виливка “Медаль” та організація роботи плавильного відділення ливарного
цеху»

керівник проекту канд. техн. наук доцент Фесенко М.А.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « » травня 2019 р. №

2. Термін подання студентом проекту 11.06.2019 р.

3. Вихідні дані до проекту:

3.1 Потужність 5,5 т придатних виливків на рік;

3.2 Виробництво серійне;

3.3 Деталь «Медаль» зі сплаву срібла СрМ 925 масою 0,026 кг;

3.4 Лиття за моделями, що витоплюються;

3.5 Номенклатура литва;

4. Зміст пояснювальної записки:

4.1 Аналіз виробничої програми;

4.2 Режим роботи та фонди часу;

4.3 Проектування плавильного відділення;

4.4 Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка;

4.5 Конструкторська частина;

- 4.6 Організаційна частина проекту;
 4.7 Економічна частина;
 4.8 Охорона праці;
 5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):
 5.1 Креслення плану плавильного відділення ливарного цеху;
 5.2 Креслення плавильно-заливального вузлу машини;
 5.3 Креслення виливка;
 5.4 Креслення прес-форми;
 5.5 Креслення форми у зборі;
 5.6 Порівняльні техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н. ст. викладач Нараєвський С.В.		
Охорона праці	к.т.н. доцент Зацарний В.В.		
Нормоконтроль	к.т.н. доцент Федоров Г.Є.		

7. Дата видачі завдання 15.04.2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	<u>Аналіз виробничої програми</u>	26.04.2019	
2	<u>Режими роботи цеху і фонди часу роботи устаткування і робітників</u>	03.05.2019	
3	<u>Проектування плавильного відділення</u>	10.05.2019	
4	<u>Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка</u>	17.05.2019	
5	<u>Проектування ливарного устаткування</u>	24.05.2019	
6	<u>Організаційна частина</u>	31.05.2019	
7	<u>Економічна частина</u>	07.06.2019	
8	<u>Охорона праці</u>	07.06.2019	

Студент

 (підпис) Сидоренко А.С.
 (ініціали, прізвище)

Керівник проекту

 (підпис) Фесенко М.А.
 (ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/П	Формат	Позначення			Найменування	Кількість аркушів	Примітка	
1	A4				Завдання на дипломний проект	3		
2	A4	<u>ФЛ51.5108.1110.0000.ПЗ</u>			Пояснювальна записка	103		
3	A1	<u>ФЛ51.5108.1110.0001.ДП</u>			План плавильного відділення	1		
4	A1	<u>ФЛ51.5108.1110.0002.ДП</u>			Плавильно-заливальний вузол машини	1		
5	A1	<u>ФЛ51.5108.1110.0003.ДП</u>			Виливок “Медаль”	1		
6	A1	<u>ФЛ51.5108.1110.0004.ДП</u>			Прес-форма	1		
7	A1	<u>ФЛ51.5108.1110.0005.ДП</u>			Форма у складеному вигляді	1		
8	A1	ФЛ51.5108.1110.0006.ДП			Порівняльні техніко-економічні показники	1		

Пояснювальна записка **до дипломного проекту**

на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка
“Медаль” та організація роботи плавильного відділення ливарного цеху»

Київ – 2019 року

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 103 стор., 21 табл., 20 рис., 2 додатка.

Об'єкт проектування – ливарний комплекс з виготовлення ювелірної продукції з розробленням технології виливків.

Предмет проектування – розроблення технологічного процесу виготовлення виливків, організація плавильного відділень ливарного цеху, впровадження сучасних технологій виготовлення високоякісних ювелірних виробів з використанням адитивних технологій.

Результати проектування – розроблення технології виготовлення виливка “Медаль” із організацією виробничих процесів лиття за моделями, що витоплюються у вакуумній-індукційній ливарній машині з використанням гіпсо-кристоболітних сумішей та комп'ютеризованих технологій тривимірного дизайну та прототипування.

Результати проектування можуть бути рекомендовані для впровадження при виготовленні ювелірно-сувенірної продукції із сплавів на основі благородних та металів декоративного призначення в умовах серійного виробництва.

У дипломному проекті проведено основні розрахунки з організаційно-економічної чинників та приведені основні заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайній ситуації із забезпеченням належних умов праці.

ЮВЕЛІРНА ПРОДУКЦІЯ, ДОРОГОЦІННІ МЕТАЛИ, ВАКУУМНА ІНДУКЦІЙНА ЛИВАРНА МАШИНА, АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ГІПСОКРИСТАБОЛІТНІ СУМІШІ, ФОРМА-МОНОЛІТ.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Сидоренко			РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Фесенко М.А.					6	103	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.							
Затверд.									

ABSTRACT

Diploma project: 103 p., 21 tab., fig 20., 2 applications.

Design object – foundry complex of jewelry products manufacturing with casting technology design.

Subject design – technology process design of castings production, organization of foundry production areas, implementation modern technologies in manufacturing high quality jewelry with additive technology using.

The results of the design – developed manufacturing technology of jewelry medal with organization of lost-wax production processes and casting in vacuum-induction machine with investment powders application and computerizations technologies of three-dimensional design and prototyping.

The results of can recommended for implementation in jewelry products manufacturing from alloys with precious metals and decorative appointments non-ferrous metals with serial production.

In diploma project major calculations of organization-economic factors and major labour protection with protection in emergency situation are given.

JEWELRY PRODUCTION, PRECIOUS METALS, VACUUM INDUCTION CASTING MACHINE, ADDITIVE TECHNOLOGIES, INVESTMENT POWDERS, MOLD-MONOLITH.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Сидоренко			ABSTRACT			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Фесенко М.А.								7	103
								КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затверд.											

ЗМІСТ

ЗМІСТ	8
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	11
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ	12
ВСТУП.....	14
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.....	16
1.1 Виробнича програма	16
1.2 Характеристика виробництва та структура ливарного цеху	18
1.3 Компоновка відділень та базові технологічні процеси	20
2 РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ.....	26
3 ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ.....	29
3.1 Плаவில்но-заливальне відділення.....	29
3.2 Складське господарство.....	36
3.3 Цехові комори	36
3.4 Службово-адміністративні приміщення	37
3.5 Служби механіка та енергетики цеху	37
3.6 Технологічна служба цеху	38
3.7 Застосування ЕОМ та САПР технологічних процесів	38
4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ	40
4.1 Обґрунтування вибраної технології.....	40
4.1.1 Загальна характеристика литої деталі	40
4.1.2 Конструкція литого виробу	40

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Сидоренко								
Перевір.		Фесенко М.А.							8	103
								КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.								
Затверд.										

4.1.3	Аналіз можливих способів виготовлення виливків.....	41
4.2	Моделювання тривимірної моделі виробу.....	43
4.2.1	Створення двовимірного зображення	43
4.2.1	Побудова трьохвимірної моделі	43
4.3	Використання адитивних технологій для виготовлення моделі.....	44
4.4	Визначення розмірів опок.....	44
4.5	Сумішоприготування та формування.....	46
4.6	Підготовка форм.....	46
4.7	Елементи ливникової системи	47
4.7.1	Обґрунтування та вибір ливникової системи	47
4.7.2	Розрахунок ливникової системи	48
4.8	Плавка та лиття металу	50
4.9	Фінішні операції виготовлення виробу.....	52
5	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	53
5.1	Загальна характеристика та обґрунтування обраної ливарної машини .	53
5.2	Плавильно-заливальний вузол ливарної машини.....	58
6	Організаційний розділ.....	61
6.1	Розрахунок чисельності виробничих робітників.....	61
6.2	Визначення фонду заробітної плати	64
6.3	Розрахунок продуктивності праці	66
7	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	70
7.1	Розрахунок капітальних вкладень	70
7.2	Визначення планової собівартості одиниці продукції	74
7.2.1	Розрахунок витрат на сировину і матеріали	75
7.2.2	Витрати на паливо та енергію.....	76
7.2.3	Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	77
7.2.4	Загальновиробничі витрати	78
7.2.5	Втрати внаслідок технічно неминучого браку та інші виробничі витрати.....	79
7.2.6	Адміністративні витрати.....	79
7.2.7	Витрати на підготовку та освоєння нового виробництва.....	80

7.2.8 Позавиробничі витрати на збут продукції	80
7.2.9 Складання планової калькуляції собівартості продукції	81
7.3 Оцінка ефективності проектних рішень	82
8 ОХОРОНА ТРУДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	87
8.1 Організаційні питання охорони праці на підприємстві	87
8.2 Аналіз параметрів приміщення	88
8.3 Аналіз освітленості ливарного цеху.....	90
8.4 Аналіз шуму і вібрації.....	91
8.5 Аналіз загазованості та запиленості.....	92
8.6 Теплове випромінювання.....	92
8.7 Електробезпека	93
8.8 Пожежна безпека.....	94
ВИСНОВКИ	97
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	98
ДОДАТКИ	100

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ТЕП – техніко-економічні показники

ГОСТ – міждержавний стандарт

ДБН – державні будівельні норми України

лм – люмен

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Сидоренко			ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Фесенко М.А.								11	103
								КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затверд.											

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

Ливарне виробництво ювелірно-сувенірної продукції на сьогоднішній день має свою значну нішу у економічному розвитку країни та потребує введенню в експлуатацію модернізованих заводів та підприємств, впровадження нових технологій, устаткування, обладнання, що підніме рівень виробництва, кількість литих виробів, якість та забезпечить культурні запити нації та безпосередньо можливість виходу продукції на експорт та співпраці на світовому ринку. Разом з цим збільшується кількість робочих місць, науково-виробничих відділів, розвиток майстрів в науково-технічному та художньо-технічному напрямі.

Виходячи з даних потреб, задачею є спроектувати ливарний комплекс з виготовлення ювелірно-сувенірної продукції з розробленням технології виливків на підставі наступних вимог:

- ливарний цех повинен забезпечувати випуск 5500 кг виливків із дорогоцінних металів за рік;
- при проектуванні використовувати номенклатуру виливків, яку наведено в таблиці 1.1;
- при проектуванні базуватися на сучасному устаткуванні, високому рівні автоматизації, використанні технологічно ефективних адитивних технологій;
- місце розташування ливарного комплексу, що проектується: м. Біла Церква;
- основні джерела забезпечення нормальної роботи ливарного цеху:

1) шихтові матеріали – банківські метали (злитки), очищений зворот власного виробництва, фірми постачальники лігатур;

2) формувальні матеріали: фірми постачальники готових формомас для лиття ювелірно-сувенірної продукції;

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ		
Розроб.		Сидоренко					
Перевір.		Фесенко М.А.					
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						12	103
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51		

- 3) вода – Білоцерків водоканал;
- 4) електроенергія – Київобленерго;
- 5) опалення та газ – Київобленерго.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ювелірні прикраси завжди привертали увагу людей своєю красою та були невід’ємним продуктом на ринку.

Сучасне обладнання дає можливість виготовляти вироби найвищої якості та найкращих конфігурацій при мінімальній кількості браку, а застосування ЕОМ дає можливість проектувати найкращі конфігурації виливків без ризику втратити дорогоцінні матеріали, прогнозувати масу майбутнього виливки а також у процесі моделювання розміщувати касти для дорогоцінного каміння. Застосування адаптивних технологій, які у ХХІ-му сторіччі стрімко розвиваються, дають можливість втілювати в життя спроектовані моделі з найвищою якістю та точністю.

Проблемами розвитку сучасного художнього та ювелірного ливарного виробництва можна розділити на наступні основні групи:

- дизайн та ювелірних виробів;
- застосування нових видів матеріалів та їх поєднання з традиційними матеріалами;
- автоматизація виробництва та контроль всіх його етапів;
- використання сучасного устатковування та новітніх технологій виробництва литих виробів

Рішенням цих проблем є використання сучасних та

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Сидоренко				ВСТУП	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.	Фесенко М.А.						14	103	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.	Федоров Г.Є.					ІФФ, ФЛ-51			
Затверд.									

економічно ефективних технологій виробництва, які відповідають всім необхідним рівням якості та бути конкурентоспроможними, вдосконалення та модифікування наявного устаткування та обладнання, впровадження адаптивних технологій та використання найсучаснішого програмного забезпечення. Ці рішення підвищить ефективність виробництва на більшості етапах виготовлення ювелірних виробів.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Виробнича програма

Базовим документом, на якому базується проектування виробництва у ливарному цеху, є подетальна виробнича програма, яка містить у собі всі необхідні дані щодо виробів такі, як: найменування деталі, марка сплаву, маса деталі, річний випуск та інші, що дає загалом чітке уявлення про характер виробництва.

Номенклатуру виливків наведено в таблиці 1.1.

У ливарному цеху виготовляються виливки із благородного металу, а саме сплаву на основі срібла СrМ 925.

Кількість виробів на рік розраховуємо на основі таблиці 1.1, а саме даних по масі литва, яка складає для сплаву на основі срібла СrМ 925 - 213,10 г.

Розрахунок кількості виробів на рік ведемо за формулою:

$$N = G_p / \sum m, \quad (1.1)$$

де N – кількість виробів на рік, шт.;

G_p – потужність цеху, кг;

m – сумарна маса виливків, кг.

Методом нескладних розрахунків, підставивши значення у формулу 1.1, отримаємо:

$$N = 5500 / 0,21325 = 25791 \text{ шт};$$

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ					
Розроб.		Сидоренко								
Перевір.		Фесенко М.А.								
Н. Контр.		Федоров Г.Є.								
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51					
					Літ.	Арк.	Акрушів			
							16	103		

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків ливарного цеху

Інди. Пози.	Коди виробу	Найменування виробу	Марка сплаву	Маса виробу, г	Кількість деталей на виріб
1	2	3	4	5	6
1	ФЛ51-01	Каблучка 1	СрМ 925	3,62	1
2	ФЛ51-02	Каблучка 2	СрМ 925	3,24	1
3	ФЛ51-03	Сережки 1	СрМ 925	2,33	2
4	ФЛ51-04	Каблучка 3	СрМ 925	3,32	1
5	ФЛ51-05	Сережки 2	СрМ 925	3,98	2
6	ФЛ51-06	Каблучка 4	СрМ 925	8,33	1
7	ФЛ51-07	Сережки 3	СрМ 925	9,87	2
8	ФЛ51-08	Каблучка 5	СрМ 925	3,14	1
9	ФЛ51-09	Сережки 4	СрМ 925	5,06	2
10	ФЛ51-10	Каблучка 6	СрМ 925	4,18	1
11	ФЛ51-11	Каблучка 7	СрМ 925	4,06	1
12	ФЛ51-12	Сережки 5	СрМ 925	6,42	2
13	ФЛ51-13	Каблучка 8	СрМ 925	3,61	1
14	ФЛ51-14	Каблучка 9	СрМ 925	3,74	1
15	ФЛ51-15	Каблучка 10	СрМ 925	2,97	1
16	ФЛ51-16	Каблучка 11	СрМ 925	4,68	1
17	ФЛ51-17	Сережки 6	СрМ 925	6,53	2
18	ФЛ51-18	Сережки 7	СрМ 925	5,45	2
19	ФЛ51-19	Сережки 8	СрМ 925	2,59	2
20	ФЛ51-20	Сережки 9	СрМ 925	3,04	2
21	ФЛ51-21	Підвіска 1	СрМ 925	2,13	1
22	ФЛ51-22	Сережки 10	СрМ 925	5,29	2
23	ФЛ51-23	Каблучка 12	СрМ 925	4,72	1
24	ФЛ51-24	Сережки 11	СрМ 925	4,82	2
25	ФЛ51-25	Каблучка 13	СрМ 925	4,42	1
26	ФЛ51-26	Сережки 12	СрМ 925	5,16	2
27	ФЛ51-27	Каблучка 14	СрМ 925	2,89	1
28	ФЛ51-28	Каблучка 15	СрМ 925	4,66	1
29	ФЛ51-29	Каблучка 16	СрМ 925	3,23	1
30	ФЛ51-30	Підвіска 2	СрМ 925	1,80	1
31	ФЛ51-31	Сережки 13	СрМ 925	4,99	2
32	ФЛ51-32	Сережки 14	СрМ 925	5,29	2
33	ФЛ51-33	Сережки 15	СрМ 925	4,50	2
34	ФЛ51-34	Сережки 16	СрМ 925	2,87	2
35	ФЛ51-35	Каблучка 17	СрМ 925	2,91	1

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6
36	ФЛ51-36	Сережки 17	СрМ 925	3,37	2
37	ФЛ51-37	Каблучка 18	СрМ 925	2,36	1
38	ФЛ51-38	Сережки 18	СрМ 925	3,88	2
39	ФЛ51-39	Каблучка 19	СрМ 925	2,51	1
40	ФЛ51-40	Сережки 19	СрМ 925	3,98	2
41	ФЛ51-41	Каблучка 20	СрМ 925	2,11	1
42	ФЛ51-42	Сережки 20	СрМ 925	3,46	2
43	ФЛ51-43	Сережки 21	СрМ 925	3,65	2
44	ФЛ51-44	Сережки 22	СрМ 925	4,21	2
45	ФЛ51-45	Сережки 23	СрМ 925	1,89	2
46	ФЛ51-46	Каблучка 21	СрМ 925	2,59	1
47	ФЛ51-47	Каблучка 22	СрМ 925	2,34	1
48	ФЛ51-48	Печатка 1	СрМ 925	10,67	1
49	ФЛ51-49	Підвіска 3	СрМ 925	1,78	1
50	ФЛ51-50	Каблучка 23	СрМ 925	1,910	1
51	ФЛ51-51	Печатка 2	СрМ 925	10,97	1
52	ФЛ51-52	Сережки 24	СрМ 925	1,62	2

З урахуванням особливостей виробництва проектування ливарного цеху здійснюється з використанням розрахунків точної виробничої програми, яку наведено в таблиці 1.2, в якій описано матеріал, масу після лиття та після фінішних операцій (з урахуванням 0,2...0,4% зняття об'єму металу при поліруванні) та річну потребу у виливках для кожної одиниці продукції.

1.2 Характеристика виробництва та структура ливарного цеху

Ливарний комплекс, що проектується, являє собою цех серійного виробництва, а за масою виливків відноситься до дрібного лиття ювелірних виробів. Складність виробів, яка передбачається на підприємстві варіюється за конфігурацією від простих до складних виливків, а також унікальних та ексклюзивних виробів, під нестандартне каміння в залежності від потреби та ефективності реалізації певної продукції.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Марка сплавів, призначенні для виготовлення виливків – СrМ 925. Потужність цеху 5500 кг виливків на рік із дорогоцінних металів на рік придатного литва.

Виробництво повинно забезпечувати високий рівень «технічної культурою», а саме новітній рівень техніки та технологій виробництва, сучасний рівень механізації та автоматизації виробництва, досконалу якість, точність та неперевершеність естетичного оформлення продукції, а також організацією раціонального та ефективного управління виробництва з використанням нових автоматичних методів керування [8]. Виходячи із вищенаведеного обираємо метод лиття за моделями, що витоплюються з використанням гіпсо-кристоболітних сумішей.

Ливарний комплекс ювелірного лиття необхідно розміщувати у промисловій будівлі, яка задовольняє всім вимогам цього типу виробництва, таким, як: забезпечення необхідною площею, наявністю проїзної частини для транспорту, забезпеченням будівельних норм ливарного виробництва, наявністю потужного електричного живлення та водопостачання.

Ливарний комплекс, що проектується поділяється на відділення та дільниці призначені для виконання всіх ланок технологічного процесу та технологічних операції виготовлення ювелірної продукції.

Цех ливарного виробництва підрозділяється на наступні структурні підрозділи:

- відділ технолога(ів);
- відділення проектувальників та 3D дизайнерів ювелірних виробів, де створюються віртуальні моделі майбутніх виробів, які матеріалізують за допомогою сучасних адитивних технологій;
- модельне відділення, де виконується тривимірний друк змодельованих моделей, видалення шару підтримки, який залишається після друку, складання

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

блоку моделей, виготовлення прес-форм, виготовлення воскових моделей та ремонт воскових;

- склад матеріалів для формування;
- сумішоприготувальне відділення;
- плавильне відділення, де відбувається прожарювання форм, підготовка шихти, плавка сплавів та лиття виробів;
- дільниця термічного оброблення;
- відділення фінішних операцій, де виконують механічну обробку виливків та декоративну обробку;
- відділ ВТК;
- сейфове приміщення;
- службові та побутові приміщення.

Устатковування та його призначення у цеху наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Устатковування та його призначення у ливарному цеху

Устатковування	Призначення
Вакуумна ливарна установка Galloni G3 Ultimate	Плавки металу та лиття виробів
Піч муфельна ПМ-3	Прожарювання ливарних форм та витоПЛення модельного віску

1.3 Компоновка відділень та базові технологічні процеси

Переміщення матеріалів у ливарному цеху здійснюється з використанням ручної сили працюючих та спеціальних візків, ручного інструменту, що зумовлено невисокою та допустимою нормою для людини вантажомісткістю матеріалів, які транспортуються.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

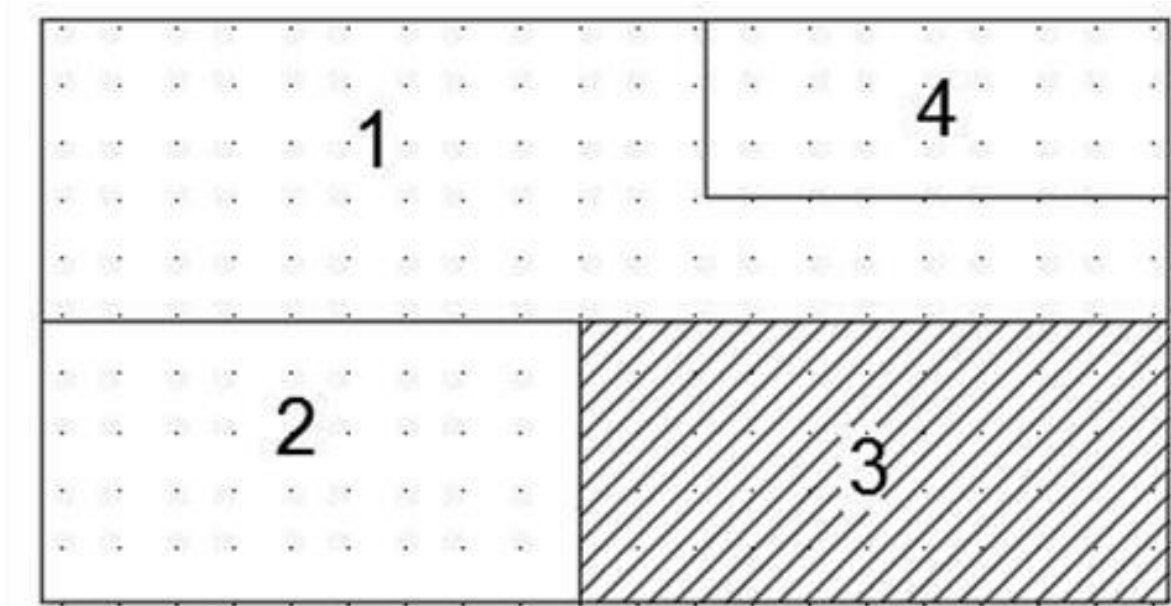
Воскові моделі для наступного лиття за моделями, що витоплюються, які надруковані, переносяться у відділення формовки, де відбувається процес створення форм-монолітів, які потім переміщуються транспортуються вище описаними методами в плавильне відділення, де проводять цикл обжарювання форм та проводять плавку і лиття.

Перед плавкою шихтові матеріали в необхідній кількості транспортують із сейфового приміщення в плавильне відділення, проводять підготовку шихти та завантажують в ливарну машину. Після виконання лиття залиті форми охолоджуються, а потім переміщують до відділення фінішних операцій, де проводять остаточні технологічні операції для отримання готових, завершених виробів, а також за необхідності наносять захисно-декоративні покриття.

Останнім етапом технологічних операцій є контроль якості продукції наявність дефектів та перевірки дійсності проби у пробірній палаті.

Креслення плану цеху, його виробничий відділень і діляниць зображено на рисунку 1.1.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – модельне відділення; 2 – сумішоприготувальне- відділення; 3 – плавильне відділення; 4 – відділення фінішних операцій

Рисунок 1.1 – План цеху та його виробничий відділень і дільниці

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

			Таблиця 1.2 – Точна (подетальна) виробнича програма ливарного цеху															
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Інд. Поз.	Код виробу	Найменування виробу	Марка сплаву	Маса, г		Кількість деталей на виріб	Річна програма випуску виливків						
									готового виробу	виливка		на основні вироби		на запасні частини			всього	
												шт.	кг.	%	шт.	кг.	шт.	кг.
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
					1	ФЛ51-01	Каблучка 1	СрМ 925	3,62	3,627	1	490	1,777	1	5	0,018	495	1,80
					2	ФЛ51-02	Каблучка 2	СрМ 925	3,24	3,246	1	490	1,591	1	5	0,016	495	1,61
					3	ФЛ51-03	Сережки 1	СрМ 925	2,33	2,332	2	490	1,143	1	5	0,011	495	1,15
ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ					4	ФЛ51-04	Каблучка 3	СрМ 925	3,32	3,322	1	490	1,628	1	5	0,016	495	1,64
					5	ФЛ51-05	Сережки 2	СрМ 925	3,98	3,982	2	490	1,951	1	5	0,020	495	1,97
					6	ФЛ51-06	Каблучка 4	СрМ 925	8,33	8,332	1	490	4,083	1	5	0,041	495	4,12
					7	ФЛ51-07	Сережки 3	СрМ 925	9,87	9,872	2	490	4,837	1	5	0,048	495	4,89
					8	ФЛ51-08	Каблучка 5	СрМ 925	3,14	3,142	1	490	1,540	1	5	0,015	495	1,55
					9	ФЛ51-09	Сережки 4	СрМ 925	5,06	5,062	2	490	2,480	1	5	0,025	495	2,51
					10	ФЛ51-10	Каблучка 6	СрМ 925	4,18	4,182	1	490	2,049	1	5	0,020	495	2,07
					11	ФЛ51-11	Каблучка 7	СрМ 925	4,06	4,062	1	490	1,990	1	5	0,020	495	2,01
					12	ФЛ51-12	Сережки 5	СрМ 925	6,42	6,422	2	490	3,147	1	5	0,031	495	3,18
					13	ФЛ51-13	Каблучка 8	СрМ 925	3,61	3,612	1	490	1,770	1	5	0,018	495	1,79
					14	ФЛ51-14	Каблучка 9	СрМ 925	3,74	3,742	1	490	1,834	1	5	0,018	495	1,85
					15	ФЛ51-15	Каблучка 10	СрМ 925	2,97	2,972	1	490	1,456	1	5	0,015	495	1,47
					16	ФЛ51-16	Каблучка 11	СрМ 925	4,68	4,682	1	490	2,294	1	5	0,023	495	2,32
					17	ФЛ51-17	Сережки 6	СрМ 925	6,53	6,532	2	490	3,201	1	5	0,032	495	3,23
					18	ФЛ51-18	Сережки 7	СрМ 925	5,45	5,452	2	490	2,671	1	5	0,027	495	2,70
					19	ФЛ51-19	Сережки 8	СрМ 925	2,59	2,592	2	490	1,270	1	5	0,013	495	1,28
					20	ФЛ51-20	Сережки 9	СрМ 925	3,04	3,042	2	490	1,491	1	5	0,015	495	1,51
					21	ФЛ51-21	Підвіска 1	СрМ 925	2,13	2,132	1	490	1,045	1	5	0,010	495	1,06
	Арк.	23																

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Продовження таблиці 1.2														
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
					22	ФЛ51-22	Сережки 10	СрМ 925	5,29	5,292	2	490	2,593	1	5	0,026	495	2,62	
					23	ФЛ51-23	Каблучка 12	СрМ 925	4,72	4,722	1	490	2,314	1	5	0,023	495	2,34	
					24	ФЛ51-24	Сережки 11	СрМ 925	4,82	4,822	2	490	2,363	1	5	0,024	495	2,39	
					25	ФЛ51-25	Каблучка 13	СрМ 925	4,42	4,422	1	490	2,167	1	5	0,022	495	2,19	
					26	ФЛ51-26	Сережки 12	СрМ 925	5,16	5,162	2	490	2,529	1	5	0,025	495	2,55	
					27	ФЛ51-27	Каблучка 14	СрМ 925	2,89	2,892	1	490	1,417	1	5	0,014	495	1,43	
					28	ФЛ51-28	Каблучка 15	СрМ 925	4,66	4,662	1	490	2,284	1	5	0,023	495	2,31	
					29	ФЛ51-29	Каблучка 16	СрМ 925	3,23	3,232	1	490	1,584	1	5	0,016	495	1,60	
					30	ФЛ51-30	Підвіска 2	СрМ 925	1,80	1,802	1	490	0,883	1	5	0,009	495	0,89	
ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ					31	ФЛ51-31	Сережки 13	СрМ 925	4,99	4,992	2	490	2,446	1	5	0,024	495	2,47	
					32	ФЛ51-32	Сережки 14	СрМ 925	5,29	5,292	2	490	2,593	1	5	0,026	495	2,62	
					33	ФЛ51-33	Сережки 15	СрМ 925	4,50	4,502	2	490	2,206	1	5	0,022	495	2,23	
					34	ФЛ51-34	Сережки 16	СрМ 925	2,87	2,872	2	490	1,407	1	5	0,014	495	1,42	
					35	ФЛ51-35	Каблучка 17	СрМ 925	2,91	2,912	1	490	1,427	1	5	0,014	495	1,44	
					36	ФЛ51-36	Сережки 17	СрМ 925	3,37	3,372	2	490	1,652	1	5	0,017	495	1,67	
					37	ФЛ51-37	Каблучка 18	СрМ 925	2,36	2,362	1	490	1,157	1	5	0,012	495	1,17	
					38	ФЛ51-38	Сережки 18	СрМ 925	3,88	3,882	2	490	1,902	1	5	0,019	495	1,92	
					39	ФЛ51-39	Каблучка 19	СрМ 925	2,51	2,512	1	490	1,231	1	5	0,012	495	1,24	
					40	ФЛ51-40	Сережки 19	СрМ 925	3,98	3,982	2	490	1,951	1	5	0,020	495	1,97	
					41	ФЛ51-41	Каблучка 20	СрМ 925	2,11	2,112	1	490	1,035	1	5	0,010	495	1,05	
					42	ФЛ51-42	Сережки 20	СрМ 925	3,46	3,462	2	490	1,696	1	5	0,017	495	1,71	
					43	ФЛ51-43	Сережки 21	СрМ 925	3,65	3,652	2	490	1,789	1	5	0,018	495	1,81	
					44	ФЛ51-44	Сережки 22	СрМ 925	4,21	4,212	2	490	2,064	1	5	0,021	495	2,08	
					45	ФЛ51-45	Сережки 23	СрМ 925	1,89	1,892	2	490	0,927	1	5	0,009	495	0,94	
					46	ФЛ51-46	Каблучка 21	СрМ 925	2,59	2,592	1	490	1,270	1	5	0,013	495	1,28	
					47	ФЛ51-47	Каблучка 22	СрМ 925	2,34	2,342	1	490	1,148	1	5	0,011	495	1,16	
					48	ФЛ51-48	Печатка 1	СрМ 925	10,67	10,672	1	490	5,229	1	5	0,052	495	5,28	
24	Арк.				49	ФЛ51-49	Підвіска 3	СрМ 925	1,78	1,782	1	490	0,873	1	5	0,009	495	0,88	

Продовження таблиці 1.2															
Змін.	Арк.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
№ докум.	Підпис	50	ФЛ51-50	Каблучка 23	СрМ 925	1,910	1,9120	1	490	0,937	1	5	0,009	495	0,95
		51	ФЛ51-51	Печатка 2	СрМ 925	10,97	10,972	1	490	5,376	1	5	0,054	495	5,43
		52	ФЛ51-52	Сережки 24	СрМ 925	1,620	1,6220	2	490	0,795	1	5	0,008	495	0,80
		Всього:									104,5		1,045		106
Дата		ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ													
Арк.															
25															

2 РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи ливарного цеху та фонди часу вказує на час, який відведений працівникам на виконання конкретних технологічних операцій, їх робочий графік та кількість часів роботи устаткування.

На підприємстві прийнятий двозмінний режим при тривалості зміни 8 годин з урахуванням 1 години на перерву.

Проводимо розрахунки фондів часу.

Календарний фонд часу розраховуємо за формулою:

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (2.1)$$

де Φ_k – календарний фонд часу, год;

P – кількість днів на рік;

D – кількість годин у добі.

Підставивши дані у формулу 2.1 отримаємо:

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Номінальний фонд часу, який вказує на час протягом якого виконується робота за встановленим режимом без урахування планових та непередбачуваних втрат, розраховується за формулою:

$$\Phi_n = C \cdot \Gamma, \quad (2.2)$$

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ		
Розроб.		Сидоренко					
Перевір.		Фесенко М.А.					
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						26	103

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

C – кількість робочих днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

Γ – кількість годин за одну зміну.

Згідно частина 2 статті 6 закону України про відпустку промислово-виробничому персоналу металургійної промисловості надається відпустка тривалістю 24 дні та збільшення відпустки на 2 дні за кожні відпрацьовані 2 роки, але не більше 28. Кількість робочих днів на рік становить 250.

Кількість годин за робочу зміну 8 годин.

Підставивши значення у формулу 2.2 отримаємо:

$$\Phi_n = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

При двозмінному режимі роботи:

$$\Phi_n = 250 \cdot 16 = 4000 \text{ год.}$$

Розраховуємо дійсний фонд часу Φ_d враховуючи номінальний фонд часу та втрати на освоєння виробництва, відпустку за формулою:

$$\Phi_d = \Phi_n - B, \quad (2.3)$$

де, Φ_n – номінальний фонд часу, год;

B – втрати на освоєння виробництва, відпустку.

Підставляємо значення у формулу з урахуванням відпустки 28 днів, тобто 160 годин на рік, отримуємо:

$$\Phi_d = 2000 - 160 = 1840 \text{ год}$$

Дані щодо режимів роботи та фондів часу наведені в таблиці 2.1.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Режим роботи та фонди часу ливарного цеху ювелірносувенірної продукції.

Інд. Позиції	Найменування відділень цеху, дільниць, тип устатковування	Кількість змін на добу	Дійсний річний фонд часу, год	
			устаткову- вання	Праців ника
1	2	3	4	5
1	Модельне відділення	2	3680	1840
2	Сумішоприготувальноформува- льне відділення	2	3680	1840
3	Плавильно заливальне відділення та відділення термічного оброблення	2	3680	1840
4	Відділення фінішних операцій	2	3680	1840

3 ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ

3.1 Плави́льно-залива́льне відділення

У ливарному комплексі ювелірних виробів, що проектується виплавляється сплав СрМ 925.

Хімічний склад сплаву СрМ 925 наведено в таблиці 3.1.

Сплав	Ag, %	Си, %	Pb, %
СрМ 925	92,5	7,5	до 0,004

Температури ліквідуса та солідуса сплаву на наведено в таблиці 3.2.

Сплав	t _{лікв.} °С	t _{сол.} °С
СрМ 925	896	779

Для плавки та литтям ювелірних виробів за моделями, що витоплюються, обираємо промислову вакуумну індукційну ливарну машину Galloni G3 Ultimate. Ця установка представляє собою комплекс технологічних процесів лиття таких як:

- вакуумування камер;
- індукційний нагрів металу та плавка під захисною атмосферою інертного газу гелію;
- перемішування розплаву низькочастотними імпульсами та вихровими струмами;
- повна герметизація камери та форми за допомогою новітньої

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Сидоренко			ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ		Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Фесенко М.А.						29	103
							КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.							
Затверд.									

герметизуючої ріжучої системи,;

– лиття з вакуумним всмоктуванням з допресуванням інертним газом аргоном [11].

Перевагою даної машини є отримання виливків з високою щільністю та відсутністю дефектів усадки, недоливу, пористості завдяки вакуумуванню, плавки під захисною атмосферою, тигелю із соплом та запираючим стопором, що зменшує турбулентність потоку металу та з повним і автоматизованим контролем всього етапу лиття. Також вагомою перевагою для лиття з камінням є можливість знизити рівень мінімальної температури розплаву, що заливається в форму-моноліт, виходячи із параметрів термостійкості каміння [10]. Ливарна машина Galloni G3 Ultimate зображена на рисунку 3.1 [11].



Рисунок 3.1 – Ливарна машина Galloni G3 Ultimate.

Прожарювання форм на основі гіпсокристаболітної формувальної суміші необхідне з метою витоплювання та остаточного видалення воску із порожнини форми, здійснення структурних перетворень та зміцнення форми, доведення форми до оптимальної температури для проведення лиття, тому обираємо

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

муфельну піч моделі ПМ-3, яку зображено на рисунку 3.2, з урахуванням необхідних температур прожарювання формувальних мас [12].

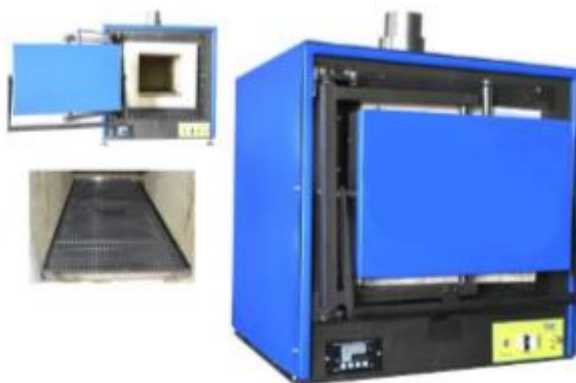


Рисунок 3.2 – Муфельна піч моделі ПМ-3.

Дана піч використовує блок управління, що дозволяє встановити необхідні температурні та часові параметри прожарювального циклу.

Технічні характеристики муфельної печі моделі ПМ-3 наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики муфельної печі моделі ПМ-3

Параметр	Характеристика
1	2
Потужність	6 кВт
Максимальна робоча температура печі	900 °C
Матеріал нагріваючих спіралей	X23Ю5Т
Розміри камери, мм	250 x 500 x 250
Габаритні розміри печі, мм	580 x 740 x 811
Маса	86 кг
Кількість запрограмованих циклів	6

Цикл прожарювання формувальної суміші Gold star XL, яка була обрана для лиття ювелірної продукції зображено на рисунку 3.3.

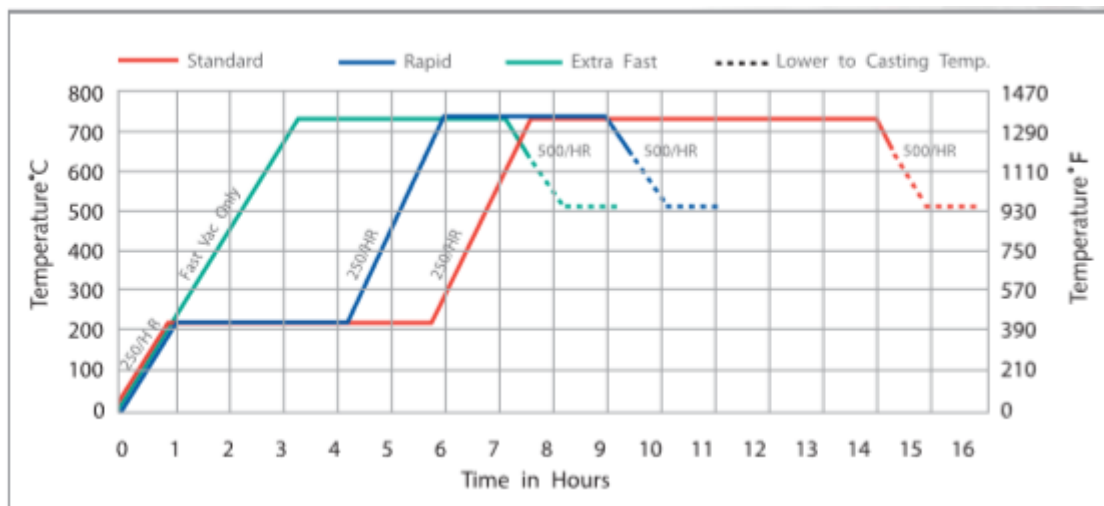


Рисунок 3.3 – Цикл прожарювання формомаси GoldStar XL [21].

Розраховуємо годинну потребу рідкого металу:

$$M = B_p / \Phi_d, \quad (3.1)$$

де M – годинна потреба розплаву, кг/год;

B_p – річна кількість металу, кг;

Φ_d – дійсний фонд часу плавильної машини, год.

Методом нескладних розрахунків отримуємо:

$$\text{CrM 925: } M = 5500 / 3680 = 1,485 \text{ кг/год};$$

Загальний угар елементів для кожного сплаву на річну програму розраховуємо за формулою:

$$Y = (\sum(N \cdot X_c) / (100 - y)) - N, \quad (3.2)$$

де, Y – загальний угар металу, кг

N – загальна кількість сплаву на річну програму, кг;

X_c – відсотковий вміст елементу у сплаві, %;

y – угар елементу при плавці.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо загальний угар для сплаву СpМ 925:

- загальна маса сплаву на річну програму N = 5500 кг;
- відсотковий вміст елементів у сплаві: Ag – 92,5 %; Cu – 7,5 %;
- угар елементів: Ag – 0,5 %; Cu – 1,5 %

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$U = (((5500 \cdot 92,5) / (100 - 0,5)) + ((5500 \cdot 7,5) / (100 - 1,5))) - 5500 = 5113,065 + 418,781 - 5500 = 5531,846 - 5500 = 31,846 \text{ кг.}$$

Тож, на річну програму загальний угар металу для сплаву СpМ 925 складає 31,846 кг.

Річна потреба металу становить: $5500 + 31,846 = 5531,85 \text{ кг.}$

Баланс металу наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Баланс металу

Сплав СpМ 925		
Придатне литво	%	65
	кг/рік	3575
Ливники та брак	%	34,43
	кг/рік	1893,65
Рідкий метал	%	99,43
	кг/рік	5468,65
Угар та безповоротні втрати	%	0,57
	кг/рік	31,84
Металозавалка	кг/рік	5500
Спосіб плавки		Індукційний нагрів
Плави́льний агрегат		ASEG Galloni G3

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В якості шихтових матеріалів використовуються чисті банківські злитки, які перед плавкою гранулюються, лігатури та зворот з власного виробництва такий, як ливникові системи, брак, стружка після фінішних операцій, метал після афінажу.

Лігатури обираємо в залежності від необхідного вмісту легуючих елементів у сплаві, механічним властивостям та кольору, що відповідає марці сплаву.

В залежності від шихти чистої (чисті метали, лігатури, відходи без забруднень) або забрудненої (відходи виробництва, дрібні стружки) підготовку її проводять:

- для чистої шихти переплав проводиться без попередньої обробки та очищення;
- для забрудненої шихти переплав проводиться після видалення магнітопровідникових стружок магнітом та після спалювання домішків, сміття у муфельній печі.

Перед плавкою розраховують кількість складаючих елементів шихти враховуючи втрати при плавці, для отримання сплаву заданої проби та маси [1].

Плавку та лиття у форми розміром не більше 150x300 мм проводять у індукційній вакуумній ливарній машині Galloni G3 ultimate. Порядок операцій лиття за даним способом включає:

- підготовка шихти та її компонентів, гранулювання злитків чи заготовок, що дозволяє пришвидшити плавку, рівномірність гранул дозволяє отримати рівномірну плавку уникаючи перегрівання дрібніших шматочків, так як у випадку нерівномірних шматків. Гранулювання проводять у ливарній машині, розплавленням металу у середовищі інертних газів та скрапуванням його у камеру з водою, де він охолоджується та приймає вигляд гранул;
- встановлення тиглю: для сплаву CrM 925 графітовий тигель;
- встановлення опоки, яка має оптимальну температуру для лиття після прожарювання (оптимальний інтервал температури форми під лиття можна

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначити за графіком прожарювання формомаси, яка відповідає певним групам сплавів, а чітке значення температури вже обираючи від товщин вилівка, наприклад для філігранних більша, для звичайних менша, а також залежно від методу лиття відцентрового чи вакуумного);

– для потрійних сплавів золота спочатку розігрівають тигель до 1000 °С, потім завантажують шихту, яка містить чисте золото, відходи виробництва, лігатуру, яка містить у собі легуючі компоненти у необхідній кількості та розкислювачі або без лігатури просто завантаженням срібла, міді та інш. з розкислювачем (цинку в кількості 0,06% від маси шихти). Для сплавів СрМ те саме як для золота, але температура прогрівання тиглю до 950 °С;

– вакуумування камери з опокою та тиглем, що захищає вплив повітря та створює примусову силу для заповнення розплаву;

– подача гелію в камеру, який захищає поверхню металу;

– доведення металу до температури плавлення з урахуванням перегріву металу на 50...70 °С та перемішування розплаву перемінним електромагнітним полем;

– подача опоки до отвору плавильної камери;

– піднімання стопору та лиття металу у форму під тиском 4 атмосфери. інертного газу аргону та витримка до температур кристалізації розплаву [1].

Для лиття з синтетичними каміннями використовують фіаніти (найчастіше), ітрій-алюмінієві, галій-галоїдні гранати, ніобіт літія та інш.

Під час лиття з камінням треба звертати увагу на розташування та розміри ливникових систем, де необхідним є забезпечення якомога більш рівномірного охолодження вилівка, що зменшує ризик утворення внутрішніх напружин, жолоблення та тріщин, що може зруйнувати каміння, а другим чинником є забезпечення плавного ламінарного заповнення порожнини форми та ніяким чином не створювати удару металу у камінь [5].

Кількість устаткування у плавильному відділенні розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{п}} = B / (\Phi_{\text{д}} \cdot H), \quad (3.3)$$

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де P_{π} – кількість устаткування од.;

B – річна кількість матеріалу, кг/рік;

Φ_d – дійсний річний фонд часу, год;

H – годинна продуктивність устаткування кг/год.

Для лиття благородних металів марки СrМ на вакуумній індукційній машині підставивши значення у формулу 3.6 отримаємо:

$$P_{\pi} = 5500 / (3680 \cdot 0,200) = 0,66$$

Тоді приймаємо в ливарному цеху одну ливарну машину.

3.2 Складське господарство

Ливарний комплекс в нашому випадку має великі обсяги виробництва, постійний обіг та використання матеріалів, в особливості формувальних та шихтових. Тому передбачені склад формувальних матеріалів, склад готової продукції або сейфове приміщення для зберігання дорогоцінних металів, каміння, готової продукції, відходів власного виробництва дорогоцінних металів, які надійно зберігаються та охороняються.

Склад формувальних матеріалів знаходиться напроти з відділенням сумішопріготування, що забезпечує швидку взаємодію.

На склад готової продукції потрапляють вироби, які пройшли перевірку якості, де їх остаточно упаковують та відправляють транспортом замовнику.

3.3 Цехові комори

Інструмент та інвентарь розміщують у самих виробничих відділеннях та дільницях для їх швидкого доступу у разі потреби. Для зберігання деяких інструментів, прес-форм, хімії та інших матеріалів передбачені шафи та контейнери.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У адміністративній частині приміщення передбачаються роздягальні із шафами, які замикаються, де можна зберігати чисті речі, відкласти брудний одяг, змінити спецодяг. Також передбачено приміщення з новими інструментами та деякими матеріалами, які при необхідності, несправності існуючих можна замінити.

3.4 Службово-адміністративні приміщення

До службово-адміністративних приміщень на підприємстві відносяться:

- кабінет начальника цеху;
- кабінет технолога;
- відділення 3D дизайнерів;
- чоловічий та жіночий санвузли;
- медпункт;
- бухгалтерія;
- відділ менеджерів;
- відділ механіка та енергетика цеху;
- відділ праці та заробітної плати;
- конференц зала;
- відділ технічного контролю виробництва;
- відділ головного металурга;

3.5 Служби механіка та енергетика цеху

Служби механіка та енергетика цеху виконують ремонт устатковування та обладнання, проводять профілактику та забезпечують його постійну та безпечну роботу.

Механік має наступні обов'язки:

- періодичний огляд та перевірка несправності устатковування та обладнання на виробничих відділеннях;

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- очищення та змащування мастилами всіх необхідних вузлів машин;
- налагодження автоматизації виробничих процесів;
- ремонт несправних деталей та вузлів машин;
- догляд за 3D принтерами.

Енергетик цеху повинен слідкувати за обсягами споживаючої електроенергії, за справністю енергетичного устаткування та налагодження електричних систем, а також забезпечувати безперебійне живлення цеху.

3.6 Технологічна служба цеху

Технологічна служба цеху розробляє проектно-конструкторське рішення, технічну та технологічну підготовку виробництва. Головними задачами служби є:

- розроблення технічної документації;
- вдосконалення технологій;
- виконання заходів із зменшення браку на виробництві, аналіз причин браку;
- пошук новітніх технологічних рішень на ринку та освоєння їх на дослідних зразках;
- повну технологічну підготовку виробництва;
- підвищення продуктивності праці та автоматизації виробництва.

3.7 Застосування ЕОМ та САПР технологічних процесів

На підприємстві ювелірного литва, що проектується впроваджуємо застосування новітньої технології автоматичної побудови 3D моделей з подальшим автоматичним розробленням конструкторськї креслень.

На сьогоднішній день тривимірне моделювання дозволяє відкрити широкий спектр можливостей у промисловості та використовувати дану технологію у різних можливих напрямках. За допомогою моделювання можна спроектувати будь-яку тривимірну деталь, надскладний виріб з абсолютним

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дотриманням симетрії, точних розмірів, чітких кутів або плавних переходів, скрупульозного опрацювання дрібних деталей, точного розташування каміння, вставок для нього, врахування підрізок у крапанах для лиття з каміння і т.д. Крім цього моделювання надає можливість виконати симуляцію лиття металу, проаналізувати деталь на наявність можливого виникнення дефектів та з цього зробити вірне рішення щодо правильності параметрів технологічних процесів

Проектування та тривимірне моделювання виробів виконується у CAD системах, програмах тривимірного моделювання. Програмне забезпечення яке використовують 3D модельєри різноманітне, але найпоширеніші та багатофункціональні це: 3Ds Max, Rhinoceros, Blender, ZBrush, SolidWorks, Flow 3D Cast. В залежності від поставленої задачі моделювання проєктант може варіювати між даними програмами та досягти виконання деталі, виробу з повним дотриманням технічного завдання за оптимальний час.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ

4.1 Обґрунтування вибраної технології

4.1.1 Загальна характеристика литої деталі

Литий ювелірний виріб «Медаль» із сплаву на основі срібла 925 проби, а саме СрМ 925, склад, щільність, колір а також інтервал кристалізації наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристика сплаву СрМ 925

Марка сплаву		СрМ 925
Колір сплаву		Сріблясто-білий
Хімічний склад, %	Ag	92,5
	Cu	7,5
	Pb	до 0,005
Щільність, г/см3		10,36
Інтервал кристалізації		896...779

4.1.2 Конструкція литого виробу

Конструкція виробу складається з однієї частини.

Конструкція медалі має забезпечувати:

– високі експлуатаційні характеристики, а саме допустимі міцність,

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Сидоренко			ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ				Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Фесенко М.А.								40	103
									КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затверд.											

- жорсткість, корозійну стійкість, не викликати алергенних реакцій;
- не мати в конструкції прямих кутів;
- відповідати умові направленої кристалізації;
- ламінарний потік сплаву при заливанні;
- забезпечувати найменше використання матеріалу для виготовлення виробу;
- врахування величини усадки та операцій полірування;
- виконання придатної конфігурації виливка для наступного виконання гумової прес-форми та тиражування воскових моделей

Розміри виробу: Ø80 x 5 мм;

Маса виробу – 26 г.

4.1.3 Аналіз можливих способів виготовлення виливків

Аналізуючи можливі способи виготовлення виливка керуємося наступними виробничими факторами: серійність виробництва, тип сплаву, вимоги до якості виробу, габаритні розміри виливків забезпечення новітнього рівня автоматизації ливарних процесів разом з економічною ефективністю.

Самий ефективний та найрозповсюджений спосіб лиття сплавів на основі срібла – це лиття за моделями, що витоплюються з використанням гіпсо-кристоболітних формувальних сумішей з використанням адитивних технологій. Перевагами даного способу перед іншими є:

- легка оброблюваність воскових моделей;
- можливість створення воскової моделі будь-якої конфігурації за допомогою новітніх адитивних технологій;

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- великий асортимент та доступність формувальних сумішей, які спеціально підготовлені для лиття сплавів на основі срібла та інших сплавів;
- використання форм-монолітів, що виключає різні форми та забезпечує високу якість поверхні;
- невисока вартість оснастки;
- менше ручної роботи при операціях формування;
- повне обтікання формомасою моделей та забезпечення порожнин у формі з повним відтворенням конфігурації моделі;
- можливість використання лиття під дією вакууму, що загалом дає більш високу якість лиття, виключає окислення розплаву;
- повністю продумане лиття з використанням ливарного комплексу Galloni G3 та налагодження будь-якого режиму плавки та заливання під будь-який сплав та виріб, а також виключення прямої взаємодії ливарника з рідким металом, що зменшує ризик травмування;
- забезпечення високої розмірної точності литих виливків, які потребують тільки фінішних операцій на поверхні виробу;
- можливість тиражування воскових моделей за допомогою гумових прес-форм.

Недоліками при даному методі лиття для ювелірного виробу при серійному виробництві можуть бути лише відносно висока вартість формувальної суміші та довгий цикл прожарювання.

Лиття в піщано-глинясті форми абсолютно не підходить для лиття ювелірних виробів через високу складність виконання порожнин у формі, високу взаємодію металу з формою, можлива велика кількість дефектів такі, як недолив, газова пористість, пригар та інші.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Моделювання тривимірної моделі виробу

Для створення трьохвимірної моделі буде використано ЕОМ із використанням програмного забезпечення Adobe Photoshop, Microsoft 3D Builder.

4.2.1 Створення двовимірного зображення

Зображення повинно бути чорно-білим, для цього краще обрати режим відображення кольорів “Градація сірого, 8 біт”. Роздільна здатність зображення – чим більша, тим краще. Рекомендовано виставити 2048x2048 пікселів. Логотип розробляється за допомогою стандартних інструментів, таких як: інструмент “Еліпс” із параметром “Контур”; “Перо”; “Текст” та інші. Зображення зберігається у форматі .jpg або .png у найвищій якості.

4.2.1 Побудова трьохвимірної моделі

Зображення завантажується у програму Microsoft 3D Builder. У програмі потрібно обрати метод “Контур”, кількість рівнів – 0, згладжування – 0. Після цього необхідно створити основу для логотипу. Для цього потрібно перейти у розділ “Insert” та натиснути “Cylinder”, тим самим створивши об’єкт циліндричної форми. Далі необхідно вирівняти новостворену фігуру із логотипом обравши модель логотипу та натиснувши на неї ЛКМ та скопіювати координати у поле координат циліндру. Після того, як фігури будуть вирівняні у просторі XY, необхідно відрегувати розміри циліндру. Для цього у нижньому меню обрати інструмент “Scale” довести фігуру до бажаних розмірів. Коли модель набуде необхідного вигляду її потрібно перевести у формат

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стереолітографії (.stl) або прямо із програми відправити на принтер об'ємного друку.

4.3 Використання адитивних технологій для виготовлення моделі

Тривимірну модель медалі можливо матеріалізувати фізично із фотополімерної смоли за допомогою промислових SLA/DLP 3D принтерів.

4.4 Визначення розмірів опок

Для лиття ювелірного виробу «Медаль» використовуємо індукційну вакуумну ливарну установку ASEG Galloni G3 Ultimate, яка допускає використання опок з максимальними розмірами Ø150 x 300 мм. Враховуючи розміри виливків обираємо перфоровану опоку Ø150 x 300 мм без фланцю.

Розміщення восковок у модельному комплекті зображено на рисунку 4.1

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

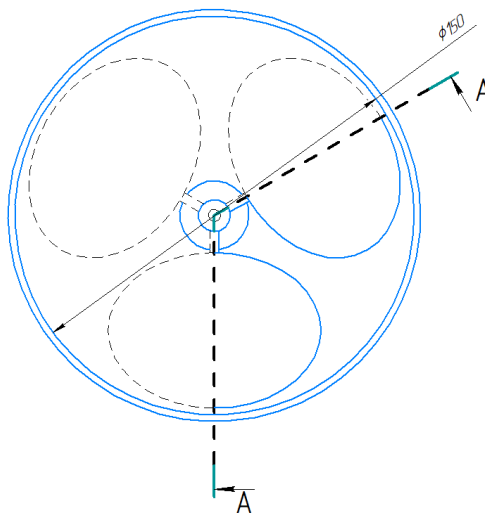
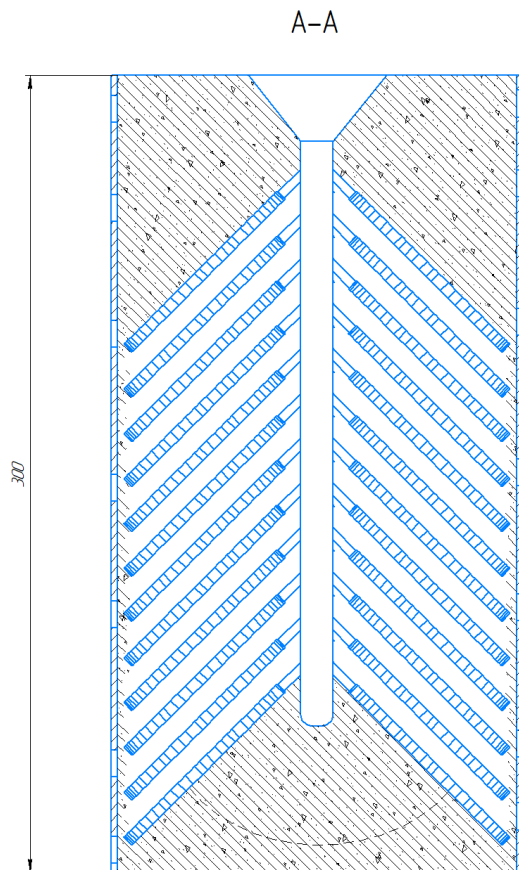


Рисунок 4.1 – Загальне розміщення моделей та розміри відстаней.

Відстань між моделями 5,5 мм, які розташовані під кутом 45 градусів до ливникового отвору, відстань від крайньої точки моделі до краю опоки 5,5 мм, до стояка 20 мм, діаметр стояка - 20 мм, кількість моделей на модельний блок 36 шт.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Сумішоприготування та формування

Приготування суміші та формування опоки з модельним блоком проводимо у напівавтоматичній вібровакуумній установці.

В якості формувальної маси використовуємо гіпсо-кристоболітну суміш Gold Star XL, вміст якої: кремнезем 71...75%, сульфат кальцію 24...28%, органічні речовини 1% [4].

Співвідношення пропорції формувальної суміші та води для вакуумного лиття становить 100:38.

4.6 Підготовка форм

Після сумішоприготування форм-монолітів наступною технологічною операцією є прожарювання даних форм. Під час цієї операції віск витоплюється, а формувальна суміш при проведенні фазових перетворень зміцнюється.

Цикл прожарювання обираємо стандартний, до 14 годин. Цикл прожарювання зображений на рисунку 4.2.

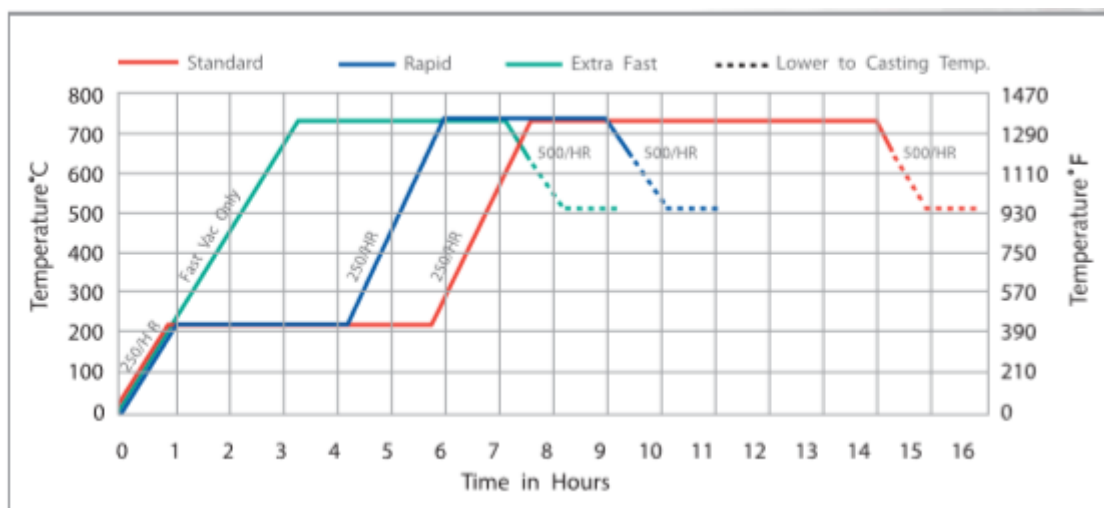


Рисунок 4.2 – Цикл прожарювання для формомаси Gold Star XL [21].

4.7 Елементи ливникової системи

4.7.1 Обґрунтування та вибір ливникової системи

Ливникова система повинна забезпечувати рівномірне розподілення рідкого металу по всій розгалуженій системі блоку виливків [1]. Елементи ливникової системи повинні мати плавні переходи, доставляючи розплав у форму не викликаючи турбулентного потоку, що може спричиняти газову поруватість, ерозію металу та захоплення неметалічних включень, формомаси. За законом Бернуллі розплав при русі у порожнині форми метал обирає шлях, який вимагає найменшу витрату енергії, тому виходячи з цього плануючи підведення металу та живлення виливка передбачаючи високі втрати енергії у таких місцях, які необхідно заповнити у останню чергу.

Не менш важливим є врахування січення виливка на всіх його ділянках, а саме забезпечення направленого або одночасного твердіння, не створювати передчасного твердіння ділянок, які заважали би протіканню розплаву, так наприклад ділянка з меншим січенням та більшою тепловіддачею поступово створює так би мовити дендритну сітку із кристалітів, що заважає проникненню рідкого металу, а потім і зовсім закриває доступ, що може спричинити недолив, усадкову пористість та інш.

Підведення рідкого металу необхідно забезпечити у масивні частини виробів, підводити живильники у різкі зміни профілю, підпитувати деякі тонкі ділянки та при необхідності використовувати розгалужені системи.

Сприятливо впливає на рух металу у порожнині форми є сама поверхня форми, яка повинна мати низький коефіцієнт тертя.

Елементи ливникової системи слід виконувати заокругленого профілю із міркувань кращої гідро та термодинаміки [2].

При литті з камінням не можна підводити метал так, щоб струмінь розплаву був перпендикулярний до стінки форми, де закріплений камінь. Також треба враховувати, що рух металу у формі окремими потоками назустріч один

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одному можуть слугувати причиною спаїв на поверхні виливка, а також нерівномірного розподілення температури, що може зруйнувати камінь.

Розміщувати воскові моделі з камінням бажано у середній частині стояку починаючи з легших до більш важких виливків у порядку зростання від вершини стояку до основи[5].

Отже зважаючи на всі фактори при виборі ливникової системи для виливка основи печатки підводимо метал одним живильником округлого перетину із зовнішньої сторони шинки кільця у нижній його частині, а у випадку накладкисобору підведення металу можливий лише з нижньої його частини, де немає художніх елементів, що при вилученні живильника не спричинить втрати зовнішнього естетичного вигляду виробу, тому підводимо метал у крайню стінку знизу та виходячи із забезпечення рівномірного потоку металу і достатнього живлення порціями розплаву використовуємо розгалужену ливникову систему з двома точками підведення живильників.

4.7.2 Розрахунок ливникової системи

Розрахунок ливникової системи для лиття медалі розраховуємо за формулою:

$$\delta_{\text{жив}} = \frac{\sqrt[4]{z^3 \cdot G} \cdot \sqrt[3]{l_{\text{жив}}}}{\delta_{\text{ст}}}, \quad (4.1)$$

де $\delta_{\text{вил}}$ – зведена товщина перетину живильника, що дорівнює $S_{\text{жив}} / R_{\text{пит}}$;

z – зведена товщина масивного вузла виливка, яка рівна $V_{\text{вил}} / S_{\text{вил}}$;

G – маса виливка, г;

$l_{\text{жив}}$ – довжина живильника, мм;

$\delta_{\text{ст}}$ – зведена товщина перетину стояка, яка рівна $S_{\text{ст}} / R_{\text{ст}}$;

$S_{\text{жив}}, S_{\text{вил}}, S_{\text{ст}}$ – площі, відповідно живильника, виливка та стояка, мм²;

$R_{\text{жив}}, R_{\text{ст}}$ – периметр живильника та стояка, мм.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа поверхні виливка $S_{\text{вил}}$ та його об'єм $V_{\text{вил}}$ за даними тривимірної моделі становлять: $S = 30007,70 \text{ мм}^2$, $V = 29886,77 \text{ мм}^3$;

Розраховуємо зведену товщину масивного вузла виливка:

$$z = V_{\text{вил}} / S_{\text{вил}}, \quad (4.2)$$

де z – зведена товщина масивного вузла виливка;

$V_{\text{вил}}$ – об'єм виливка, мм^3 ;

$S_{\text{вил}}$ – площа поверхні виливка, мм^2 .

Підставивши значення у формулу 4.2 отримаємо:

$$z = 29886,77 / 30007,70 = 0,995$$

Розраховуємо зведену товщину стояка за формулою:

$$\delta_{\text{ст}} = S_{\text{ст}} / P_{\text{ст}}, \quad (4.3)$$

де $\delta_{\text{ст}}$ – зведена товщина стояка;

$S_{\text{ст}}$ – площа поверхні стояка, $S_{\text{ст}} = \pi R_{\text{ст}}^2$, мм^2 ;

$P_{\text{ст}}$ – сума всіх сторін стояка, $P_{\text{ст}} = 2\pi R_{\text{ст}}$, мм .

Діаметр стояка приймаємо 20 мм, діаметр залежить від маси виливка та необхідного живлення металом.

Підставляємо всі значення у формулу 4.3 та отримуємо:

$$\delta_{\text{ст}} = (3,14 \cdot 62) / (2 \cdot 3,14 \cdot 6) = 3$$

Довжину живильника обираємо в залежності від діаметру опоки (150 мм), тобто щоб живильник разом із моделлю, прикріплений до стояка

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розташовувався не більш як на 5,5 мм до краю опоки. Тому обираємо довжину живильника 18 мм.

Підставивши значення у формулу 4.1 отримаємо:

$$\delta_{\text{жив}} = 4,178$$

4.8 Плавка та лиття металу

Плавка та лиття виробу здійснювалася вакуумною ливарною машиною, нагрівання металу проводиться індуктором, плавка проходить під захисним шаром гелію та.

Розрахунок кількості металу для виплавлення медалі зі сплаву CrM 925 з урахуванням угару проводимо за формулою:

$$E_m = m \cdot E_{\text{спл}} / 100 - y \quad (4.4)$$

де E_m – розрахунковий вміст елементу в шихті, г.;

m – маса сплаву, г.;

$E_{\text{спл}}$ – відсотковий вміст елементу у сплаві;

y – відсоток угару.

Підставляємо значення у формулу 4.4 отримаємо:

$$Ag = 28,84 \cdot 92,5 / (100 - 0,5) = 26,81 \text{ г.}$$

$$Cu = 28,84 \cdot 7,5 / (100 - 1,5) = 2,2 \text{ г.}$$

Загальна маса складає 29,01 г. з них лігатури 2,2 г.

Необхідну кількість металу на модельний блок визначаємо за формулою:

$$M_{\text{блок}} = m_{\text{медалі}} \cdot n_{\text{вил.}} + V_{\text{ст}} \cdot \rho_{\text{спл.}} + \sum V_{\text{жив.}} \cdot \rho_{\text{спл.}}, \quad (4.5)$$

де $M_{\text{блок}}$ – загальна маса металу на блок, г;

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

m – маса медалі, г (26,81 г.);

$n_{\text{вил}}$ – кількість виливків на блок, шт. (36 шт.);

$V_{\text{ст}}$ – об'єм стояка, см^3 (за даними тривимірної моделі 66,988 см^3);

$\rho_{\text{спл.}}$ – щільність сплаву, $\text{г}/\text{см}^3$ (10,36 $\text{г}/\text{см}^3$);

$V_{\text{жив.}}$ – об'єм живильника, см^3 (за даними тривимірної моделі становить 0,650 см^3).

Підставивши значення у формулу 4.2 отримаємо:

$$M_{\text{блок}} = 26,81 \cdot 36 + 65,01 \cdot 10,36 + (0,65 \cdot 36) \cdot 10,36 = 1881,0876 \text{ г.}$$

Загальна шихта на блок складатиме:

$$Ag = 1881,0876 \cdot 92,5 / (100 - 0,5) = 1748,75 \text{ г.}$$

$$Cu = 3993,71 \cdot 7,5 / (100 - 1,5) = 143,23 \text{ г.}$$

Загальна маса складає: $1748,7 + 143,23 = 1891,98$ г. із них лігатури 143,23 г.

Технологія плавки для виготовлення даного виливка наступна:

– при наявності відходів виробництва таких, як стружка, ливники, брак проводять їх переплав наступним чином: стружку попередньо оброблюють невеликою температурою, щоб видалити зайве сміття, після цього стружку змішують із сумішшю флюсів та розплавляють, після чого охолоджують на сталевій плиті, а при наявності домішків у сплаві проводять окислювальну а потім відновлювальну плавку;

– попередньо розігрівають тигель до 950 °С;

– завантажують шихту та підвищують температуру до необхідного значення плавки (1015 °С), перемішування розплаву виконується за рахунок магнітного поля та вихрових струмів створеним індуктором, а сама плавка проводиться під захисною атмосферою гелію та вакууму;

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- після доведення до температури 945 °С встановлюють форму-моноліт, попередньо підігріту у муфельній печі до 670 °С;
- перегрівають розплав на 40-50 °С заливають шляхом піднімання штоку, розплав заповнює порожнину форми із результируючою силою земного тяжіння, притискання аргоном та вакуумуванням;
- після повного заповнення форми форму-моноліт витримують протягом короткого часу до температури нижче 870 °С;
- виймають форму із виливком, ставлять на плиту охолодження на 10-15 хвилин;
- модельний комплект відправляють на наступні фінішні операції.

4.9 Фінішні операції виготовлення виробу

Після проведення плавки останньою операцією є відбілення виробів, очищення від формувальної маси в ультразвуковій мийці, полірування виливків та галтовка та додаткове полірування ручним методом в важкодоступних місцях

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

5.1 Загальна характеристика та обґрунтування обраної ливарної машини

Рівень виробництва ювелірних виробів з кожним днем все більше вдосконалюється за рахунок використання на практиці нових, покращених технологічних рішень, потужнішого устатковування та обладнання, а також за рахунок використання ЕОМ. Виходячи із цього, у проекті ливарного комплексу із виготовлення ювелірної продукції було обрано індукційну вакуумну ливарну машину Galloni G3 Ultimate італійської компанії ASEG, яка на ринку являється однією з передових та продуктивних машин. Головний вигляд даної машини зображено на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд ливарної машини Galloni G3 Ultimate

Ливарна машина Galloni G3 Ultimate виконує плавку металу індуктором,

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Сидоренко			КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Фесенко М.А.								53	103
								КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затверд.											

який створює змінне магнітне поле та вихрові струми, схему наведено на рисунку 5.2.

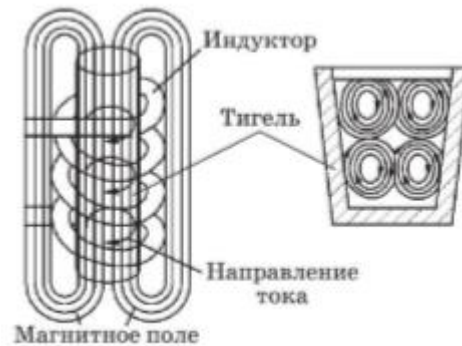


Рисунок 5.2 – Дія змінного магнітного на вихрових токів

Головною перевагою такої плавки є надзвичайно висока швидкість нагріву металу, менші енергозатрати на плавку, що веде за собою зниження собівартості виробів, можливість отримання металу без забруднень та проведення плавки у під захисною атмосферою та під дією вакууму, а також постійне перемішування розплаву низькочастотними імпульсами магнітного поля, тим самим забезпечивши гомогенний розплав.

Окрім цього, перед нагріванням металу плавильна камера герметизується та вакуумується, створюється інертна атмосфера гелію що забезпечує безокисну плавку розплаву.

Інший інертний газ (аргон), який подається під час заповнення рідким металом порожнини форми, що створює додатковий тиск у 4 бари на дзеркало металу в поєднанні з вакуумним всмоктуванням та забезпечує заповнення найтонших філігранних виливків.

В якості тиглів використовується графітовий тигель, який зображено на рисунку 5.3 для виплавляння сплавів срібла, ємністю 1,9 кг для срібла 925 проби. Внутрішній діаметр становить 60 мм, а зовнішній – 70 мм з висотою 95 мм. Діаметр зливного отвору 8 мм.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.3 – Тигель для ливарної машини

Графітовий тигель розміщують в керамічному контейнері, який зображено на рисунку 5.4.



Рисунок 5.4 – Контейнер із кераміки

У місці завантажувального вікна знаходиться керамічне кільце, що дозволяє легко завантажувати шихту. Кільце зображено на рисунку 5.5.



Рисунок 5.5 – Керамічне кільце конусної форми

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У ливарній машині встановлено спеціальний графітовий шток з діаметром 18 мм та висотою 128,5, що запирає зливний отвір графітового тиглю. Вигляд штоку зображено на рисунку 5.6.



Рисунок 5.6 – Графітовий шток

Для вимірювання температури розплаву в шток встановлюють термопару типу хромель-алюмель, яку зображено на рисунку 5.7.



Рисунок 5.7 – Термопара для вимірювання температури розплаву

Вигляд завантажувального вікна зображено на рисунку 5.8.



Рисунок 5.8 – Вигляд вікна завантаження

Мікроструктура сплавів ювелірних виробів при вакуумній плавці значно вища ніж при плаці на повітрі, так як більш характерна дрібнозерниста структура, не має грубих виділень евтектики на межах зерен, а також набагато

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нижча вірогідність газових дефектів та вмісту шкідливих домішків у сплаві.

Керування ливарною машиною виконується на сенсорній панелі, де встановлені всі необхідні параметри технологічного процесу лиття і відстежування параметрів в процесі роботи такі, як температури, тиск, потужність, витрати у системі та інші. Дана панель зображена на рисунку 5.9.



Рисунок 5.9 – Панель управління ливарної машини

Окрім плавки та заливання ливарна машина Galloni G3 Ultimate може виконувати гранулювання злитків, шляхом встановлення ємності гранулятора з водою та розплавленням злитку у середовищі захисних газів, розплав якого скрапує в холодну воду, застигає та затвердіває у вигляді гранул.

Технічні характеристики ливарної машини Galloni G3 Ultimate наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики ливарної машини Galloni G3 Ultimate

Параметр	Характеристика
Максимальний об'єм тиглю	240 см ³
Максимальні розміри опок	Ø 80...150 мм, висота 80...300 мм
Робоча частота індуктора	10 кГц
Максимальна температура нагрівання	1450 °C
Потужність, напруга	10 КВт, 230 В
Завантаження шихти	Ag 925 проби від 200 до 1900 г
Інертні гази	Аргон, гелій
Тиск подачі стиснутого газу	4 бар
Потужність вакуумного насосу	60 м ³ /год
Габаритні розміри	600 x 600 x 1200 мм
Маса установки	222 кг

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Плавильно-заливальний вузол ливарної машини

Плавильно-заливальний вузол ливарної установки Galloni G3 Ultimate являється основним її вузлом і зображений на рисунку 5.10.

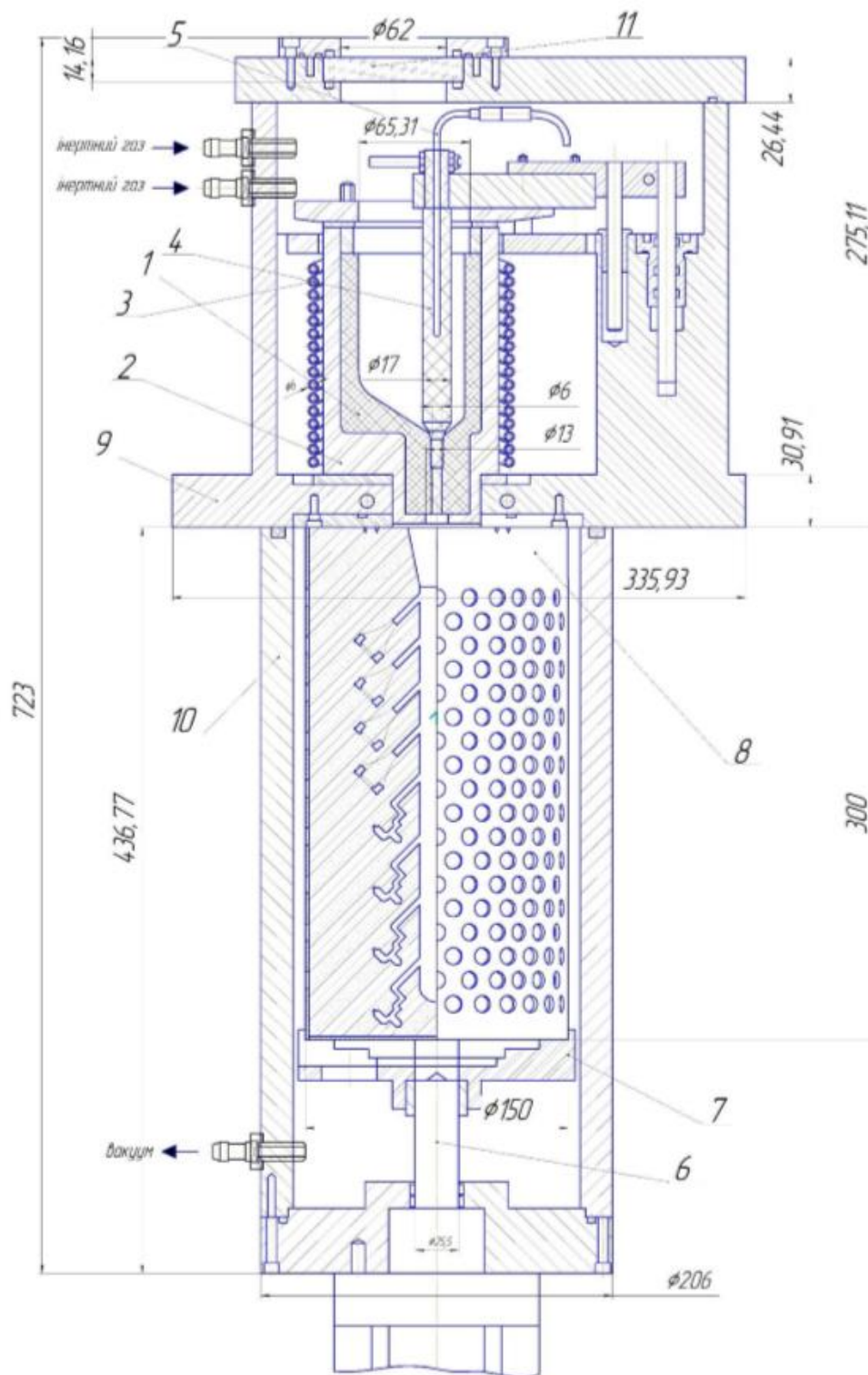


Рисунок 5.10 – Плавильно-заливальний вузол ливарної установки Galloni G3 Ultimate

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Плавильно-заливальний вузол ливарної установки Galloni G3 Ultimate складається з двох камер 10 та 9, де в першій проводиться плавка металу або сплаву, а у останній встановлення опоки та її заливка. Ємністю для виплавлення сплавів на основі золота та срібла встановлюється графітовий тигель 1, який вставляється у керамічний контейнер 2. Нагрівання металу відбувається за рахунок перемінного магнітного поля які створюють вихрові струми, що створюються індуктором 3. Для вимірювання значень температури розплаву у графітовий шток 4, який закриває отвір днища тиглю під час плавки, встановлено термопару 5, яка дозволяє проводити точні виміри температури та контролювати цикл плавки. Внизу камери заливки встановлено гідравлічний пресплунжер 6, який переміщує стіл із закріпленою формою-моноліту 8 до плавильної камери. Вікно 11, через яке можна спостерігати процеси плавки, виконано із вогнетривкого скла 14 товщиною 16 мм. Окрім цього до камер під'єднані штуцери для підключення форвакуумного насосу та балонів з аргоном на гелієм.

Схема роботи ливарної машини зображено на рисунку 5.11 [11].

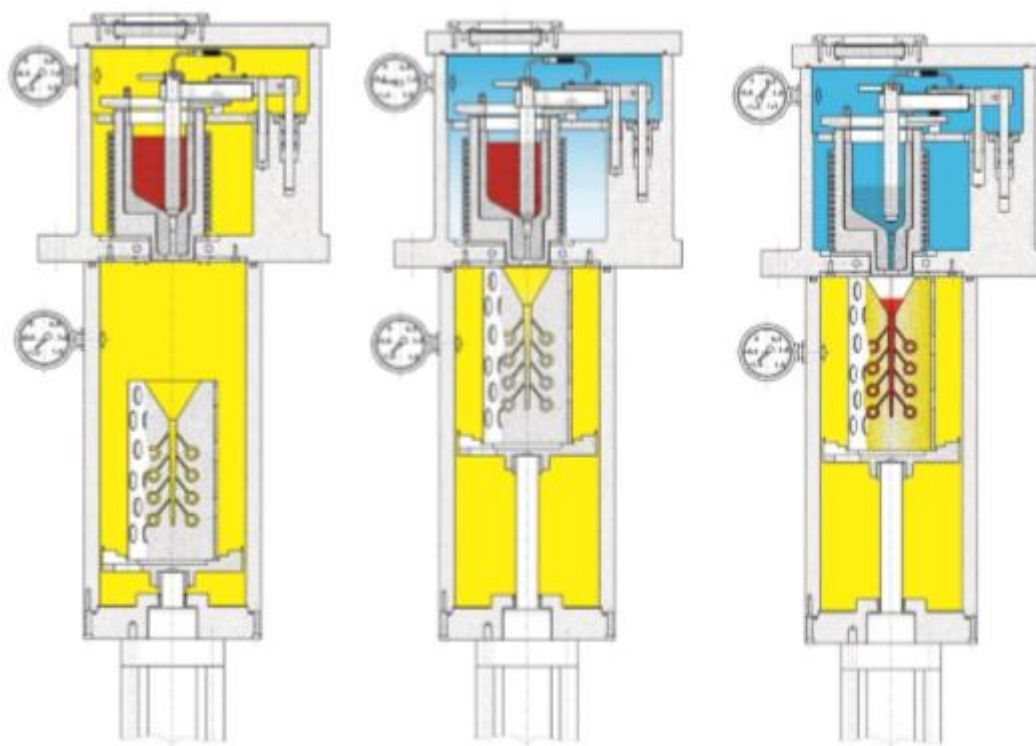


Рисунок 5.11 – Схема роботи ливарної машини Galloni

Загальний вигляд ливарної машини Galloni G3 Ultimate зображено на рисунку 5.12.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

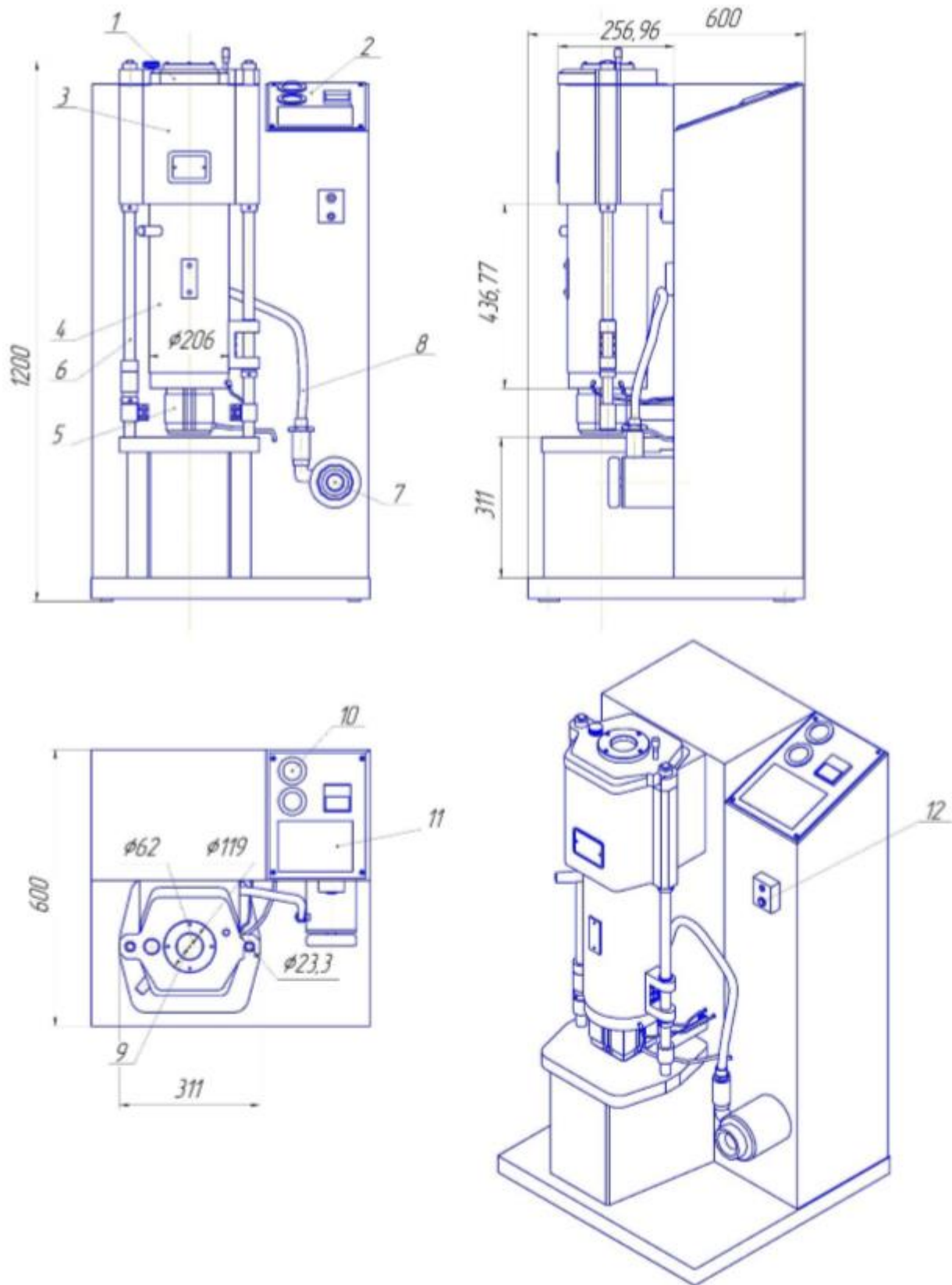


Рисунок 5.12 – Загальний вигляд ливарної машини Galloni G3 Ultimate

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

6 Організаційний розділ

Питання щодо організації виробництва в цеху вирішуємо на основі даних попередніх розділів проекту, зокрема, технологічного (розрахунок потрібного обладнання, його розміщення, організація технічного контролю та контролю якості тощо). У цьому розділі обґрунтовуємо необхідну чисельність робітників та управлінського персоналу, розмір фондів їх заробітної плати, визначаємо показники продуктивності праці.

6.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Методика розрахунків планової чисельності працівників окремих категорій визначається специфікою їхньої роботи та галузевими особливостями функціонування підприємства.

Чисельність робітників, зайнятих на нормованих роботах ($U_{p.n}^{nl}$), розраховують за формулою:

$$U_{p.n}^{nl} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i m_i}{T_{p.ч} K_{в.п}},$$

де t_i , - планова трудомісткість одиниці i -го виду продукції, нормо-годин;

m_i , - кількість продукції i -го виду, одиниць;

$T_{p.ч}$ - розрахунковий ефективний час одного робітника, год. (табл. 6.1);

n - кількість видів виготовлюваної продукції;

$K_{в.п}$ - очікуваний коефіцієнт виконання норм (1,2-1,5).

Чисельність основних робітників, зайнятих на ненормованих роботах

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ		
Розроб.		Сидоренко					
Перевір.		Фесенко М.А.					
Н. Контр.		Федоров Г.Є					
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						61	103

(χ_{oc}^{nl}) (контроль технологічного процесу, керування апаратами, машинами та іншим устаткуванням), розраховують за нормами обслуговування, а саме:

$$\chi_{oc}^{nl} = \frac{m_0 P_{зм} K_n}{H_{об}}$$

де m_0 - кількість обслуговуваних об'єктів;

$P_{зм}$ - кількість змін роботи на добу;

K_n - коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову;

$H_{об}$ – норма обслуговування одного агрегата (кількість об'єктів на одного робітника) [5].

Таблиця 6.1 - Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	113
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	12
Номінальний фонд робочого часу, днів	240
Невиходи на роботу (днів), з них:	30
відпустки	24
захворювання	4
дозволені законом	1
з дозволу адміністрації	1
Явочний робочий час, днів	210
Середня тривалість робочого дня, год.	7,9
Внутрішньо змінні втрати робочого часу та простої, год.	0,2
Робочі години	7,8
Плановий фонд роботи працівника в рік.	1596

Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову:

$$K = 240 / 210 = 1.14$$

Розрахунки чисельності основних і допоміжних робітників наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Чисельність основних і допоміжних робітників цеху

Професія, спеціальність	Кваліфіка- ційний розряд	Явочна чисельність по змінах			Зага- лом на добу	Коефіцієнт переведен-ня явочної чисельності в облікову	Облі-кова чисельніс ть
		1-а	2-а	3-я			
Основні робітники							
3D модельєр	V	2	2	-	4	1,14	5
Оператор 3D-друку	V	2	2	-	4	1,14	5
Оператор змішувача формомаси	V	2	2	-	4	1,14	5
Ливарник	V	2	2	-	4	1,14	5
Шліфувальник	V	2	2	-	4	1,14	5
Контролер якості	V	2	2	-	4	1,14	5
Разом		12	12	-	24		30
Допоміжні робітники							
Слюсар-ремонтник	IV	1	1	-	2	1,14	3,5
Черговий слюсар- електрик	IV	1	1	-	2	1,14	3,5
Транспортувальник- вантажник		1	1	-	2	1,14	3
Разом		3	3	-	6	1,14	10
Усього робітників		15	15	-	30		40

6.2 Визначення фонду заробітної плати

Затрати на оплату праці є одним з основних елементів собівартості продукції. Вона складається з:

- основної з/п;
- додаткової з/п;
- інших заохочувальних та компенсаційних витрат.

Основна зарплата – це винагорода за виконану працю відповідно з установленими нормами праці (норми часу, продуктивності, обслуговування, посадові зобов'язання).

Додаткова зарплата – це винагорода за працю окрім установленної норми, за успіхи в праці, за особливі умови праці, за винахідливість. Вона включає доплати, надбавки, премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій.

До інших заохочувальних і компенсаційних виплат належать виплати за підсумками роботи за рік, премії по спеціальних системах і положеннях, компенсаційні грошові і матеріальні виплати, які не передбачені актами законодавства та ін.

Практична організація оплати праці ґрунтується на державному і договором регулювання її абсолютного рівня, а також механізмі визначення індивідуальної заробітної платні всіх окремих категорій працівників (робітників, фахівців, що служать, керівників) підприємства.

Основним організаційно-правовим інструментом обґрунтування диференціації заробітної плати працівників підприємств різних форм господарчої діяльності є тарифно-посадова система, елементи якої: тарифно-кваліфікаційні довідники; кваліфікаційні довідники посад керівників, спеціалістів і службовців; тарифні сітки й ставки; схема посадових окладів або єдина тарифна сітка.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій України наведена в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 - Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій

Показник		Тарифні розряди							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифні коефіцієнти		1,0	1,08 8	1,204	1,350	1,531	1,8	1,892	2,0
Зроста- ння тариф- них коефі- цієнтів	абсо- лютне		0,08 8	0,116	0,14 6	0,181	0,269	0,092	0,108
	віднос- не		8,8	10,7	12,1	13,4	17,6	5,1	5,7

Важливим елементом тарифної системи є тарифна ставка. Її абсолютну величину визначають згідно зі встановленим державою мінімальним розміром заробітної плати, тобто таким, нижче за яке вже не можна платити працівнику за виконану норму робочого часу. Так якщо на підприємстві тарифну ставку для першого розряду встановлено на рівні 16 грн., то ставка другого розряду становитиме 17,41 грн., третього 20,47 грн. і так далі.

Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу наведено в таблиці 6.4

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.4 - Розрахунок фонду заробітної плати управлінського персоналу

Штатна посада	Чисельність, осіб	Місячний посадовий оклад, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.
Керівники			
Начальник цеху	1	10000	120000
Майстер	1	7000	84000
Разом	2		204000
Спеціалісти			
Провідний інженер-технолог	1	6000	72000
Разом	1		72000
Службовці та молодший обслуговуючий персонал			
Обліковець	1	5500	66000
Комірник	1	5000	60000
Прибиральник	1	4500	54000
Разом	3		180000
Усього по цеху	6		456000

6.3 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці розраховується як відношення річного об'єму виробництва до облікового складу всіх робітників цеху.

Таким чином, продуктивність праці (П) – це річний об'єм продукції, виготовленої в розрахунок на одного робітника цеху.

$$П = \frac{G}{\sum \varphi},$$

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де G - обсяг продукції, виробленої цехом за рік, кг;

$\sum \text{Ч}$ - чисельність працюючих всіх категорій.

$$\Pi = 5500 / (40+6) = 120,65 \text{ кг/особу}$$

Відповідно до тарифної сітки розраховано фонди заробітної плати основних і допоміжних працівників. Розрахунки приведені в таблиці 6.5.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змін.			Таблиця 6.5 - Розрахунок фондів заробітної плати основних і допоміжних робітників												
Арк.															
№ докум.															
Підпис															
Дата															
ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ			Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Обліковий склад, осіб	Кількість годин роботи за рік		Основна заробітна плата, грн	Розрахунок додаткової заробітної плати, грн					Загальний фонд заробітної плати, грн (7+12)
			одного робітника	усіх	Премії (15 % від основ. зар-ти)	За роботу в особливих умовах (5%)	Оплата відпусток (10 %)	Інші доплати та надбавки (5%)		Разом (8+9+10+11)					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			Основні (технологічні) робітники												
			3D модельєр	4	40	4	1840	7360	294400	44160	14720	29440	14720	103040	397440
			Оператор 3D-друку	5	38	4	1840	7360	279680	41952	13984	27968	13984	97888	377568
			Оператор змішувача формомаси	5	35	4	1840	7360	257600	38640	12880	25760	12880	90160	347760
			Ливарник	5	45	4	1840	7360	331200	49680	16560	33120	16560	115920	447120
			Шліфувальник	5	35	4	1840	7360	257600	38640	12880	25760	12880	90160	347760
			Контролер якості	5	35	4	1840	7360	257600	38640	12880	25760	12880	90160	347760
			Разом			24			1678080						2265408
			Допоміжні (обслуговуючі) робітники												
			Слюсар-ремонтник	4	30	2	1840	3680	110 400	16560	5520	11040	5520	38640	149040
Арк.	68														

Продовження таблиці 6.5

Черговий слюсар- електрик	4	30	2	1840	3680	110 400	16560	5520	11040	5520	38640	149040	、
Транспортува льник		30	2	1840	3680	110 400	16560	5520	11040	5520	38640	149040	
Разом	-		6			331200						447120	
Усього	-		30			2009280						2712528	

ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ

7 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

7.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення у виробничі фонди цеху, що проектується складаються з капітальних вкладень в основні фонди (придбання обладнання, транспортних засобів, оснастки інструменту, інвентарю та будівельно-монтажні роботи) та оборотних нормованих засобів (витрати на утворення запасів матеріалів, швидкозношуваних інструментів, запасних частин для поточного ремонту обладнання та ін.). Вартість транспортування устаткування та його монтаж і наладку приймаємо у розмірі 15% від його ціни. Розрахунок капітальних витрат на обладнання приведені в таблиці 7.1.

Найменування устаткування, його модель або технічна характеристика	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн	Витрати на транспортування та монтаж, грн	Всього, грн
Основне технологічне устаткування					
1. Ливарна установка Galloni G3 Ultimate	1	1 150 000	1 150 000	10000	1 160 000
2. Муфельна піч ПМ-3	3	45 000	135 000	3000	137 000
Всього					1 297 000

Капітальні вкладення у виробничі будівлі та споруди визначають, виходячи з об'єму цеху і усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій та промислових проводок.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сидоренко			ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ		
Перевір.		Фесенко М.А.					
Н. Контр.		Федоров Г.Є					
Затверд.							
						Літ.	Арк.
							Акрушів
							70
							103
						КПІ ім. Ігоря Сікорського	
						ІФФ, ФЛ-51	

Визначаємо капітальні вкладення в будівництво будівлі цеху. Як було визначено в будівельній частині проекту, будівля цеху являє собою будівельну конструкцію довжиною 30 м, шириною 24 м та висотою 8,4 м, загальною площею 720 м². Капітальні вкладення в будівельно-монтажні роботи визначаємо виходячи з площі та об'єму цеху, а також нормативної вартості будівництва та санітарно - технічних робіт 1 м будівлі. Необхідно також враховувати витрати на будівництво фундаменту та майданчиків для обладнання.

Розрахунки капітальних вкладень (враховуючи середні ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт) на будівництво цеху приведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Розрахунки капітальних вкладень на будівництво цеху

Елементи капітальних вкладень	Одиниця вимірювання	Об'єм будівлі, м ³	Вартість, тис. грн.	
			Одиниці	Загальна
1 Виробничі приміщення	м ³	4590	600	2754
1.1 Водопостачання			4,0	18,36
1.2 Каналізація			3,5	16,06
1.3 Електропроводка			6	27,54
1.4 Вентиляція			6,0	27,54
Всього				2843,5
2 Побутові приміщення	м ³	1530	500	765
2.1 Водопостачання			5	7,65
2.2 Каналізація			12	18,36
2.3 Електропроводка			7,0	10,7
2.4 Вентиляція			9,0	13,77

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всього				815,48
3. Зовнішній благоустрій		3629	10	36,3
4. Невраховані витрати		3629	90	362,9
Загальна вартість будівлі				4058,18

Розраховуємо норматив оборотних коштів. Найбільшим за розміром є поточний запас матеріалів.

Середній поточний запас (Z_m) визначається за формулою:

$$Z_m = M_d \frac{T_{\text{пост}}}{2}$$

де M_d - середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн.;

$T_{\text{пост}}$ - інтервал поставки в днях (приймається в межах 15-30 днів);

Середньодобове споживання матеріалів визначається як вартість річної потреби в основних та допоміжних матеріалах, сировині, запасних частинах, інвентарю, спецодягу тощо, розділених на 240 (де 240 – розрахункове число днів за рік).

Вартість дорогоцінних металів визначається на момент оцінки по цінам світового ринку, ця вартість динамічна та може залежати від біржових котирувань.

Станом на середину 2019 року вартість срібла 999.9 проби за даними НБУ становить 12,45 грн за грам.

Основним матеріалом форм для лиття є гіпсо-кристоболітна суміш Gold Star XL, вартість якої складає 918,92 грн. за 22,5 кг, тобто 40,85 грн за 1 кг.

Річна потреба формувальної суміші на рік 73600 кг, тобто металу 5531,85 кг

$$Z_m = (68\,871\,532,5 + 3\,006\,560) \cdot 30 / 240 \cdot 2 = 751\,640 \text{ грн.}$$

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величину всіх інших елементів загального нормативу оборотних коштів (транспортного, підготовчого та резервного запасів матеріалів; незавершеного виробництва; витрат майбутніх періодів; готової продукції на складі та ін.) приймаємо на рівні 50% від розрахованого нормативу поточних запасів, що складає 4094,94 тис. грн. Загальний розмір капіталовкладень у формування оборотних коштів дорівнює сумі вартості всіх вказаних елементів.

Таким чином, загальний річний норматив оборотних коштів ($H_{\text{заг}}$) по об'єкту, що проектується, складе:

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot Z_{\text{м}},$$

де $Z_{\text{м}}$ – норматив поточних запасів;

$$H_{\text{заг}} = 751\,640 \cdot 1,5 = 1\,127\,460 \text{ грн.}$$

Після цього розраховуємо загальні капітальні вкладення в об'єкт, що проектується (табл. 7.3).

Таблиця 7.3 - Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн.	%
1. Будівлі:		
1.1. Виробничі	2843	46,74
1.2. Побутові	815,48	13,41
2. Устаткування		
2.1. Основне технологічне	1297	21,32
3. Норматив оборотних коштів	1 127	18,53

Всього капіталовкладень у виробничі фонди	6 082,48	100%
--	-----------------	-------------

7.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції

З метою визначення економічної доцільності запроєктованого виробництва певного виду продукції розраховують її собівартість, яка являє собою грошовий вираз витрат підприємства на виробництво і реалізацію цієї продукції. Процес обчислення собівартості окремих видів продукції називають калькулюванням.

У промисловості найчастіше застосовується така номенклатура калькуляційних статей витрат:

- сировина і матеріали (за вирахуванням зворотних відходів);
- паливо та енергія на технологічні цілі;
- основна заробітна плата технологічних робітників;
- додаткова заробітна плата технологічних робітників;
- єдиний соціальний внесок;
- витрати на утримання і експлуатацію устаткування;
- загальновиробничі витрати;
- втрати внаслідок технічно неминучого браку;
- інші виробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- витрати на підготовку та освоєння нового виробництва;

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- позавиробничі витрати на збут продукції.

Сума перших дев'яти статей становить виробничу собівартість, а сума всіх 12 статей – повну собівартість виготовленої продукції.

Для кожного об'єкта калькулювання вибирається калькуляційна одиниця – одиниця його кількісного вимірювання. Калькуляційна одиниця для продукції об'єкту, що проектується – ливарний цех, виготовлення виливків за моделями, що витовлюються - одна тонна, один кілограм, один виріб.

На стадії проектування складається планова калькуляція собівартості продукції, яка дозволяє здійснити техніко-економічне обґрунтування розробленого проекту цеху чи виробничої дільниці.

7.2.1 Розрахунок витрат на сировину і матеріали

Витрати на сировину і матеріали розраховуються як сума добутків норм витрачання різних видів сировини й матеріалів (за даними матеріальних балансів (див. таблицю 1.3) та вартості одиниці відповідних видів сировини й матеріалів.

Виконані розрахунки оформлюють по формі (табл. 7.4).

Таблиця 7.4 - Розрахунок вартості сировини основних і допоміжних матеріалів на річну виробничу програму

Найменування видів сировини і матеріалів	Одиниця виміру	Витрати на річну програму	Оптова ціна за одиницю, грн.	Коефіцієнт, що враховує транспортні-заготівельні витрати	Сума за річну потребу, грн. (тис. грн.)
--	----------------	---------------------------	------------------------------	--	---

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сировина та основні матеріали					
Срібло 999.9	кг	5531,35	12450	1,01	69553960,58
Формомаса Gold Star XL	кг	73600	40,85	1,1	3307216
Аргон	л	1500	7,75	1,1	12787,50
Гелій	л	500	50	1,1	27 500
Всього вартість сировини та матеріалів					72 901 464,08

Значення коефіцієнта, що враховує додаткові транспортно-заготівельні витрати, рекомендується приймати на рівні 1.1 – 1.2.

7.2.2 Витрати на паливо та енергію

До цієї статті калькуляції відносять вартість річних затрат технологічних енергоносіїв: електроенергії, природного газу, пари, стиснутого повітря, гарячої води та ін. носіїв енергії. Суму витрат обчислюють у відповідності до норм витрат певних видів енергоресурсів і діючих тарифів та цін.

У разі відсутності норм витрат електроенергії використовують розрахунковий метод, за яким витрачання цього виду ресурсів визначають по встановленій потужності токоприймачів, планового фонду часу роботи відповідного устаткування та коефіцієнта втрат електроенергії.

Розрахунок кількості електроенергії та інших джерел енергоносіїв, яка необхідна для забезпечення нормальної роботи цеху приведений в

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергетичному розділі див. таблицю 8.1 та 8.2. Вартість витрат електричної енергії на освітлення та обладнання береться 1,81 грн. за кВт-год (згідно постанови НКРЕКП від 24.11.2016 р. №2019). Дані по енергозатратам приведені у таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 - Розрахунок кількості електроенергії

Споживачі енергоносіїв	Вид енергоносія	Одиниця виміру	Річні витрати	Ціна електроенергії за 1 кВт·год	Вартість на рік, тис. грн
Операції у відповідності до технологічного процесу (технологічне та допоміжне устаткування)	електроенергія	кВт·год	138043	1,68	231,912
Освітлення виробничих та побутових приміщень	електроенергія	кВт·год	18071,8	1,81	32,709
Господарчо-санітарні потреби	технічна вода	тис. м ³	9,8	900	8,82
Загально річна вартість енергоносіїв					273,441

7.2.3 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування

Стаття «Витрати на утримання і експлуатацію устаткування» є комплексною й охоплює амортизаційні відрахування на повне відтворення виробничого устаткування, підйомно-транспортних засобів; витрати на проведення усіх видів ремонту та міжремонтного обслуговування.

Норматив витрат на цю статтю встановлюється кожним підприємством у відсотках до статті «Основна заробітна плата технологічних робітників» або до

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

балансової вартості всього технологічного, допоміжного та підйомно-транспортного устаткування.

У разі відсутності даних по підприємству-аналогу, цей норматив можна приймати на рівні 30-50% від розрахованої суми капіталовкладень у даний вид основних засобів (табл. 7.1):

$$1160 \cdot 0,3 = 348 \text{ тис. грн.}$$

7.2.4 Загальновиробничі витрати

До цієї статті планової калькуляції належать:

- амортизація основних фондів та нематеріальних активів загальновиробничого призначення;
- витрати на управління виробництвом в межах виробничого об'єкта, що проектується (оплата праці апарату управління цеху чи дільниці з відрахуваннями на соціальні заходи, витрати на службові відрядження, офісні витрати в межах цеху чи дільниці);
- витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних фондів загальновиробничого призначення;
- витрати на удосконалення технології та організації виробництва;
- витрати на освітлення, опалення, водопостачання виробничих приміщень;
- витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього середовища та ін.

Загальновиробничі та загальногосподарські витрати встановлюють на рівні 100-250% від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників»:

$$1678,08 \cdot 1,8 = 3020,544 \text{ тис. грн.}$$

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2.5 Втрати внаслідок технічно неминучого браку та інші виробничі витрати

При калькулюванні собівартості продукції «Втрати внаслідок технічно неминучого браку» та «Інші виробничі витрати» часто об'єднують в одну статтю витрат, а іноді ці обидві статті включають до складу «Загальновиробничих витрат». Норматив вказаних витрат встановлюється по даним підприємства-аналога, а при відсутності таких даних на рівні:

«Втрати внаслідок технічного неминучого браку» та «Інші виробничі витрати» 5-15% від основної заробітної плати технологічних робітників:

$$1678,08 \cdot 0,07 = 117,465 \text{ тис. грн.}$$

7.2.6 Адміністративні витрати

Калькуляційна стаття «Адміністративні витрати» включає витрати на обслуговування та управління підприємством: оплата праці працівників апарату управління підприємством з відрахуванням на соціальні заходи; утримання, ремонт та обслуговування загальнозаводських основних фондів; витрати на підготовку та перепідготовку кадрів; оплата послуг банків; страхування майна підприємства; витрати на сторожову та пожежну охорону; податки та інші обов'язкові платежі тощо.

Значення цієї статті витрат встановлюється у відповідності до нормативу підприємства-аналогу, бо на різних підприємствах адміністративні витрати коливаються в межах 50-200% від основної заробітної плати технологічних робітників:

$$1678,08 \cdot 0,6 = 1006,8 \text{ тис. грн.}$$

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2.7 Витрати на підготовку та освоєння нового виробництва

До цієї статті належать витрати:

- на підготовку та освоєння нової продукції;
- на освоєння нових технологічних процесів;
- на запуск у виробництво нових цехів, дільниць і окремих агрегатів;
- на винахідництво і раціоналізацію та деякі інші.

Норматив вказаних витрат встановлюють за даними підприємства-аналога, а у разі їх відсутності на рівні 30-50% від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників»:

$$1678,08 \cdot 0,3 = 503,424 \text{ грн.}$$

7.2.8 Позавиробничі витрати на збут продукції

Дана стаття включає витрати на реалізацію продукції підприємства:

- відшкодування вантажно-розвантажувальних, складських, пакувальних, транспортних і страхових витрат;
- маркетингові витрати (реклама, участь у виставках, дослідження ринку);
- витрати на гарантійний ремонт та гарантійне обслуговування;
- сплата експортного мита, митних зборів тощо.

Величину витрат по цій статті студент уточнює під час переддипломної практики.

У відсотках до виробничої собівартості (сума 9-ти перших статей калькуляції) витрати на збут становлять близько 5-10%:

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2.9 Складання планової калькуляції собівартості продукції

На основі виконаних розрахунків розробляємо основний документ економічної частини проекту планова калькуляція собівартості продукції (табл. 7.6).

Таблиця 7.6 - Планова калькуляції собівартості річного обсягу виробництва продукції

Статті витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Планова ціна за одиницю, грн.	Витрати на річну програму, тис. грн.
1	2	3	4	5
1. Основні матеріали				
1.1 Срібло 999.9	кг	5531,35	12450	69553,96058
1.2 Формомаса Gold Star XL	кг	73600	40,85	3307,216
1.4 Аргон	л	1500	7,5	12,7875
1.5 Гелій	л	500	50	27,5
2. Паливо та енергія для технологічних цілей	кВт/год	434016	1,81	262,272864
2.1 Електроенергія				
3. Основна заробітна плата технологічних робітників				1678,08
4. Додаткова заробітна плата технологічних робітників				331,2
5. Єдиний соціальний внесок (22%)				442,042
6. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування				348

7. Загальновиробничі та загальногосподарські витрати		3020,544
8. Втрати внаслідок технічного неминучого браку		117,465
9. Адміністративні витрати		1006,8
10. Витрати на підготовку та освоєння нового виробництва		503,424
11. Позавиробничі витрати на збут продукції		11849,7
12. Інші виробничі витрати		4623,049
Всього повна собівартість річного обсягу виробництва продукції		97084,040944

За даними точної (подетальної) виробничої програми ливарного цеху (таблиця 1.2) річна продуктивність складає 25740 шт./рік.

Тому повна собівартість 1 кг продукції складає $97084040,944 / 25740 = 3771,71$ грн/кг, або $130396849 / 25740 = 3771,718$ грн/шт.

7.3 Оцінка ефективності проектних рішень

Порівняння здійснюємо за такими показниками:

- трудомісткість продукції (зворотний показник продуктивності живої праці);
- капіталомісткість (фондомісткість) продукції;
- період окупності капітальних витрат.

Трудомісткість продукції визначається як відношення витраченої кількості праці до загального обсягу виробленої продукції. Технологічна трудомісткість одиниці продукції розраховується як сума витрат часу по

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

окремим операціям технологічного процесу. Менш точно технологічну трудомісткість (Т) у нормо-годинах можна вирахувати за формулою:

$$T = \frac{Ч_{ТЕХ} \cdot \Phi^{пл}}{Q}$$

де $Ч_{ТЕХ}$ - загальна чисельність технологічних робітників, осіб;

$\Phi^{пл}$ - плановий фонд робочого часу за рік одного робітника, год.;

Q - повний річний обсяг виробництва продукції.

$$T = 40 \cdot 1840 / 55000 = 13,38 \text{ нормо-годин/кг}$$

Капіталомісткість (фондомісткість) продукції (K_Q) визначається як величина загальних капітальних витрат ($K_{заг}$) у будівництво чи реконструкцію цеху, на технічне переоснащення виробництва до річного планового обсягу виробництва продукції:

$$K_Q = \frac{K_{заг}}{Q},$$

$$K_Q = 97\,084,040944 / 55000 = 1,76 \text{ грн/кг.}$$

Грошовий потік за рік розраховується як сума чистого прибутку та амортизаційних відрахувань, визначених за рік експлуатації спроектованого студентом об'єкту:

$$ГП_p = 0,82 \cdot (Ц - C_n) \cdot Q + \Sigma A,$$

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 0,82 – коефіцієнт, який враховує частку чистого прибутку у валовому прибутку;

C_n - повна собівартість одиниці продукції, грн.;

Ц - ринкова відпускна ціна одиниці продукції, грн.;

Q – повний річний обсяг виробництва продукції (55000),кг;

ΣA - загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

Загальна річна сума амортизаційних відрахувань розраховується, виходячи з вартості основних фондів та встановлених норм амортизаційних відрахувань (табл. 7.7).

Таблиця 7.7 - Загальна річна сума амортизаційних відрахувань

Об'єкт амортизації	Ціна, грн	Відсоток амортизації	Сума амортизаційних відрахувань, грн
Будівлі	4058180	8	324654,4
Обладнання	1297000	24	311280
Всього амортизаційних відрахувань			635934,4

$$ГП_r = 0,82 \cdot (200 - 48) \cdot 5500 + 635934,4 = 3497639 \text{ грн.}$$

Найбільш розповсюдженим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового обладнання чи технології, є період окупності капітальних витрат ($P_{ок}$), який має критеріальний характер:

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$П_{ок} = \frac{K_{заг}}{ГП_p} < П_{ок}^H,$$

де $ГП_p$ - річна сума грошового потоку, грн.;

$П_{ок}^H$ - нормативний період окупності, в середньому 3 - 7 років.

$$П_{ок} = 97084040,944 / 12855580 = 7,55 \text{ років}$$

Робимо висновок, що розроблений проект є економічно доцільним.

Всі витрати на створення ливарного цеху окупаються приблизно через 7,55 років. Перелік техніко-економічних показників наведений в таблиці 7.8.

Таблиця 7.8 - Техніко-економічні показники спроектованого об'єкта

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Річний плановий обсяг виробництва продукції (Q)	кг	5500
Загальна площа цеху	м ²	720
Виробнича площа цеху	м ²	540
Капіталомісткість продукції (K _Q)	грн	1,76
Загальна чисельність працівників	осіб	30
Загальний річний фонд заробітної плати	грн	2712528
Середньомісячна зарплата одного працівника	грн	7534,80

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річний виробіток на одного працівника	кг/особу	183,33
Технологічна трудомісткість продукції (Т)	нормо- години/кг	13,38
Повна собівартість одиниці продукції	грн/кг	64000
Період окупності (П _{ок})	років	3,56

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ОХОРОНА ТРУДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Охорона трудової діяльності – система правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності[13].

Головною метою охорони трудової діяльності є створення на кожному робочому місці безпечних умов праці, безпечної експлуатації обладнання, зменшення або повна нейтралізація дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на організм людини і, як наслідок, зниження виробничого травматизму та професійних захворювань.

Метою даного розділу є аналіз шкідливих виробничих факторів та небезпечних виробничих факторів, які можуть мати місце при роботі плавильного відділення ливарного цеху, яке проектується, та розроблення заходів і засобів, які спрямовані на мінімізацію їх несприятливого впливу на працюючих.

8.1 Організаційні питання охорони праці на підприємстві

Основні положення щодо охорони трудової діяльності наведені в Законі України «Про охорону праці».

Згідно статті 13 Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний забезпечити на робочому місці та у кожному структурному відділенні умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечення нормативно-правових вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці [13].

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ТРУДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ		
Розроб.		Сидоренко					
Перевір.		Фесенко М.А.					
Н. Контр.		Федоров Г.Є					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						87	103
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51		

На підприємстві передбачені заходи, що забезпечують:

- рівні шуму на робочих місцях за ГОСТ 12.1.003-83 та відповідно до санітарних норм ДСП 3.3.6.037-99;
- вміст пилу в повітрі робочої зони за ГОСТ 12.1.055-88;
- мікроклімат відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99, затверджених Міністерством охорони здоров'я України.

Начальник цеху є відповідальним за техніку безпеки у цеху.

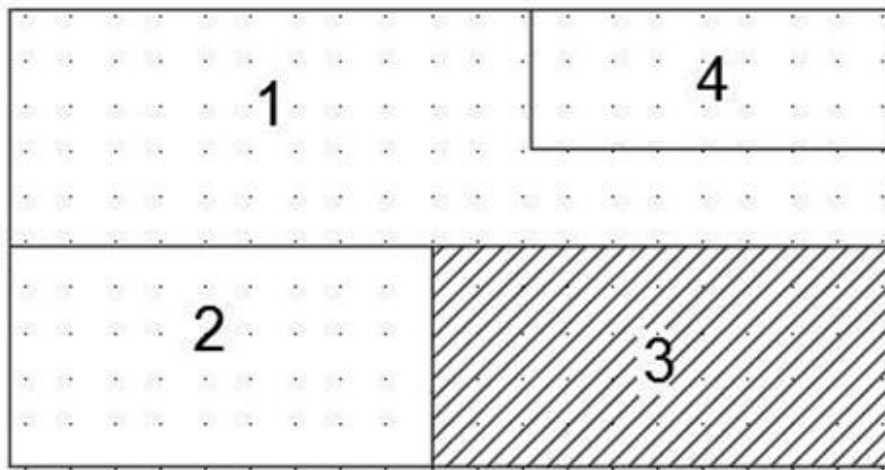
8.2 Аналіз параметрів приміщення

Схематичний план ливарного цеху зображено на рис 8.1.

Цех розміщується в одноповерховій будівлі. В будівлі знаходяться плавильне відділення (оснащене індукційною піччю Galloni G3 Ultimate); сумішоприготувальне-заготівельне відділення та відділення фінішних операцій. Сумішоприготувальне відділення має площу 125 м², відділення фінішних операцій - 100 м², плавильне відділення - 125 м², модельне відділення - 400 м².

У плавильному відділенні розташована індукційна піч для плавлення металів, відділення для кінцевого механічного оброблення виливків в ньому ж відбувається складання їх в пакети та подальшого транспортування.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – модельне відділення; 2 – сумішоприготувальне відділення; 3 – плавильне відділення; 4 – відділення фінішних операцій

Рисунок 8.1- Схема компоновки ливарного цеху

Оптимальні та допустимі величини температури, вологості та швидкості руху повітря наведені в табл. 8.1, що регламентується ДСН 3.3.6.042-99.

Таблиця 8.1 – Оптимальні та допустимі величини температури, вологості та швидкості руху повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		факт	допуст.	факт	допуст.	факт	допуст.
Холодний	ІІБ, ІІІ	17...19	15...21	40...60	70	0,3	0,4
Теплий		20...22	15...27	40...60	75	0,2	0,2...0,5

Значення параметрів мікроклімату суттєво впливають на самопочуття, рівень травматизму та працездатність людини. Тривала дія високої температури повітря при одночасно підвищеній вологості призводить до підвищення температури тіла людини до 38...40 °C, внаслідок чого це призводить до фізіологічних порушень в організмі людини таких як: зміни у серцево-судинної системі, обміну речовин, зміни функцій внутрішніх органів, системі дихання,

порушення центральної та периферичної нервових систем. Відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99, в приміщенні плавильного відділення, мікроклімат відповідає санітарним нормам. Для забезпечення дотримання вимог використовується природна вентиляція, витяжна вентиляція та засоби індивідуального захисту, такі як спецодяг спецвзуття, респіратори, рукавиці для рук, засоби для захисту обличчя.

8.3 Аналіз освітленості ливарного цеху

Світло – один із суттєвих чинників виробничого середовища, завдяки якому

забезпечується зоровий зв'язок працівника з його оточенням.

У плавильному відділенні, що проектується, має місце штучне та природне освітлення. У відповідності до ДНБ В.2.5-28-2006, освітленість приміщень для робіт з матеріалами, що світяться (рідкий метал), за розрядом зорової роботи – VII: штучне освітлення при системі загального освітлення складає 200 лк (сукупність нормованих величин показника освітленості та коефіцієнта пульсації: $P = 40$, $K_p = 20\%$).

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно- або двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє - через ліхтарі та отвори в дахах перекриттях; комбіноване - поєднання верхнього та бокового освітлення. У плавильному відділенні природне світло бокове одностороннє, здійснюється через вікна та ворота однієї з стін відділення. При системі комбінованого штучного освітлення необхідно, щоб світильники місцевого освітлення створювали не менше 90% нормованого освітлення. На загальне штучне освітлення припадає 10%. Освітленість на шкалах пристроїв управління печами передбачається не менше 500 лк при люмінесцентних лампах і 300 лк при лампах розжарювання. Освітлення від світильників на пультах управління не менше 150 лк при люмінесцентних лампах і 50 лк при лампах розжарювання [13].

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Правильно організоване освітлення позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, знижує енерговитрати організму на виконання певної роботи, що сприяє підвищенню працездатності людини, продуктивності праці і якості продукції, зниженню виробничого травматизму.

8.4 Аналіз шуму і вібрації

Устаткування, яке встановлено у відділенні, являється джерелом шуму та вібрації.

Шум – це сукупність звуків різноманітної частоти та інтенсивності, що виникають в результаті ковалентного руху частинок у пружному середовищі. максимально припустимий рівень

У відповідності до ДСН 3.3.6.037-99, максимально припустимий рівень шуму у виробничих відділеннях має не перевищувати 80 дБ.

Шум призводить до захворювань органів слуху, нервової і серцево-судинної систем, тому все встановлене в цеху обладнання повинне відповідати вимогам до

шумових характеристик згідно ГОСТ 12.1.003 – 83.

Для зменшення шуму, згідно ГОСТ 12.1.003 – 83, встановлюємо віброізолюваний фундамент і амортизатори під обладнання, для попередження передачі вібрації на будівельні конструкції; відокремлюють менш шумні дільниці і конторські приміщення стінками і перегородками, які мають досить велику звукоізоляцію.

Вібрація – це механічні коливання пружних тіл або коливальні рухи механічних систем. У плавильному відділенні індуктор індукційної печі є джерелом вібрації.

До лікувально-профілактичних заходів відносяться: масаж; заходи, які загально укріплюють організм; гідро процедури. Вібрація має властивість акумуляції (накопичення в організмі).

Для зменшення вібрації встановлюють віброізолюваний фундамент і

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

амортизатори під обладнання, для попередження передачі вібрації на будівельні конструкції; відокремлюють ділянки і приміщення стінками і перегородками., які мають досить велику звукоізоляцію [14].

8.5 Аналіз загазованості та запиленості

У плавному відділенні, існують шкідливі та небезпечні фактори трьох груп: фізичні, хімічні і психофізіологічні, згідно з ГОСТ 12.0.003-74.

До фізичних небезпечних факторів, які зустрічаються у відділенні, відносяться рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання, вироби і заготовки матеріалу, які пересуваються.

Концентрація газів спостерігається на заливальній ділянці, коли після заливання металу в форму суміш вигорає, розпадаються її складові або складові протипригарних фарб.

Виділення пилу відбувається при руйнуванні гіпсо-кристалічних форм, повітря значною мірою забруднене гіпсовим пилом. Пил, який виділяється при вибиванні форм, призводить до захворювань дихальних шляхів.

У відповідності до ГОСТ 12.1.007–81, шкідливі речовини, що виділяються при роботі відділення можна, віднести до двох (III, IV) з чотирьох класів небезпеки в залежності від ГДК (гранично допустима концентрація), яка визначається за ГОСТ 12.1.005-88.

Для зменшення дії шкідливих речовин на працівників у відділенні встановлена припливно-витяжна вентиляція, також застосовуються респіратори [13].

8.6 Теплове випромінювання

Основним джерелом теплового випромінювання є індукційні печі. Для захисту робітника йому видається безкоштовний спецодяг: брезентовий або

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

х/б костюм, черевики шкіряні з гумовим носком, противошумові навушники або беруші, рукавиці брезентові, респіратор, каска захисна, окуляри захисні.

Установлено, що близько 60% усього тепла, що втрачається, поширюється в навколишньому середовищі шляхом інфрачервоного випромінювання. На робочих місцях при стабільних джерелах доцільно заміряти інтенсивність випромінювання на різних відстанях від джерела з однаковими інтервалами і визначати тривалість опромінення робітників. Оскільки інфрачервоне випромінювання нагріває навколишні поверхні, створюючи вторинні джерела, які виділяють тепло, то необхідно вимірювати інтенсивність випромінювання не тільки на постійних робочих місцях або в робочій зоні, але і в нейтральних точках та інших місцях приміщення. Сумарна допустима інтенсивність випромінювання не повинна перевищувати 350 Вт/м². В нашому випадку інтенсивність випромінювання на відстані 200 см складає 25 Вт/м², і знаходиться в межах норми [13].

8.7 Електробезпека

Джерелами ураження електричним струмом на території плавильного відділення є електричні установки, а саме індукційні печі. Джерелами ураження електричним струмом є: провідники з пошкодженою ізоляцією, невиконання техніки безпеки при роботі з електричним устаткуванням, невідповідність засобів захисту електричного устаткування вимогам безпеки.

За ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом відділення можна віднести до класу приміщень з особливою небезпекою, що обумовлено наявністю струмопровідних підлог, високої температури, можливістю дотику людини до металоконструкцій корпусів електрообладнання та ін.

Електричні травми можуть причиняти наступні фактори:

1) невідповідність електроустановок, засобів захисту і приладів вимогам безпеки;

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) невиконання технічних заходів безпеки;
- 3) організаційно-соціальні причини.

Як безпосередні причини потрапляння працівників під напругу виділяють:

- 1) дотик до неізольованих струмовідних частин електроустановок, які знаходяться під напругою, або до ізольованих при фактично пошкодженій ізоляції – 55%;
- 2) дотик, до тих частин електроустановок, що не проводять струм або до електрично зв'язаних з ними металоконструкцій, які опинились під напругою в результаті пошкодження ізоляції – 23%;
- 3) дія напруги кроку – 2,5%;
- 4) ураження через електричну дугу – 1,2%;
- 5) інші причини – менше 20% [13].

Безпека експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується наступними захисними заходами: застосуванням ізоляції, недоступністю струмопровідних частин, застосуванням малих напруг, захисного заземлення як основного вид захисту людини від ураження електричним струмом в разі порушення ізоляції і пробою напруги на металевий корпус, використанням електрозахисних засобів.

8.8 Пожежна безпека

Основні причини виникнення пожежі в ливарному цеху – загорання електропроводки, використання легкозаймистих речовин, наявність відкритого джерела вогню.

Категорія приміщення за пожежною безпекою Г, відповідно до ДБН В.1.1-7-2016. Тобто, негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я; горючі гази (ГГ), рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо [15].

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У приміщенні ливарного цеху може горіти можливою причиною виникнення пожежі: запалення газів при плавленні сплавів, запалення легко летучих матеріалів, коротке замикання.

При виникненні пожежі необхідно мати вогнегасники ОУ – 2, ОУ – 5, ОУ – 8 або ОП – 1, ОП – 2, ОП – 5, ОП – 10 [16].

Для забезпечення в цеху пожежної безпеки передбачені наступні заходи:

- 1) навколо цеху має бути розміщений зовнішній водопровід, який має гідранти, розташовані через 100 м;
- 2) біля цеху мають бути передбачені проїзні дороги;
- 3) біля можливих місць виникнення пожежі розміщується такий інвентар: ящики, пожежні ломи, багри, сокири, азбестове полотно;
- 4) всі ємності з паливом та вибухонебезпечними речовинами ізолювані і розташовані на необхідній відстані від можливих джерел появи полум'я;
- 5) на випадок виникнення пожежі передбачена сигналізація та прямий телефонний зв'язок з пожежною охороною.

На рис. 8.2 зображений план відділення із схемою евакуації.

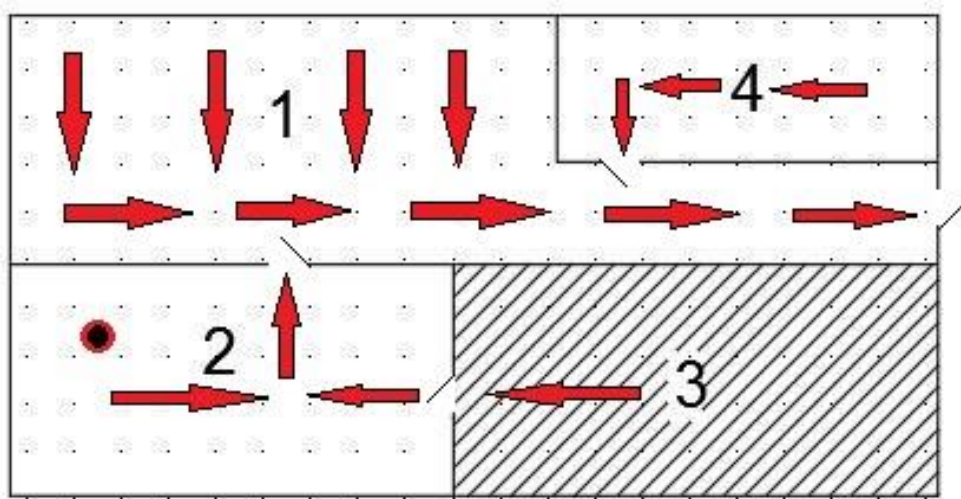


Рисунок 8.2 - Схема евакуації цеху

В даній роботі проведений аналіз шкідливих та небезпечних факторів, які передбачають умови, при яких може виникнути небезпека ураження організму. Запропоновано заходи для уникнення травмування.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, на основі вище зазначеного можна зробити висновок, що мікроклімат, організація робочого місця, освітлення в відділенні відповідають вимогам санітарних норм. А рівень шуму, вібрацій та випромінювання не перевищує допустимих норм.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Під час проектування, використовуючи ЕОМ зі спеціалізованим ПЗ, було розроблено технологію виготовлення ювелірного виливка “Медаль” так спроектовано плавильне відділення ливарного цеху базуючись на методі лиття за моделями, що витоплюються та використанням гіпсо-кристоболітних сумішей.

Було розроблено плавильно-заливальний вузол вакуумної індукційної ливарної машини, який являє собою її основним вузлом. Машина забезпечує високу продуктивність лиття та високоякісне литво з найменшою кількістю браку.

Перевагою даного проекту є використання найсучаснішого спеціалізованого програмного забезпечення для проектування та моделювання, яке знижує час на створення моделей що, в свою чергу, підвищує продуктивність праці. Спроектовано ливарна машина також є перевагою завдяки можливості плавки під захисним шаром гелію і заливанні металу з допресуванням надлишкового тиску інертного газу аргону, що разом створює максимально високу якість та продуктивність литва, а також дозволяє вийти на високу потужність виробництва, в даному випадку 5500 кг ювелірних виробів на рік.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Сидоренко			ВИСНОВКИ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Фесенко М.А.								97	103
								КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51			
Н. Контр.		Федоров Г.Є									
Затверд.											

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Луговой В.П., Технология ювелирного производства, – Инфра-М: МоскваМинск, 2012 р. – 526 с.
2. jewelpreciousmetal.ru.
3. Difetti di colaggio e di altro tipo – Manuale per il produttore di gioielleria in oro. Dieter Ott – World Gold Council, Industrial Division. Edizione Italiana, 2002 р. – 35 с.
4. Халилов И.Х., Халилов, Ювелирное литье, – МАХАЧКАЛА, 2000 р. – 108 с.
5. Халилов И.Х., Литье с камнями, – МАХАЧКАЛА, 2003 р. – 177 с.
6. Халилов И.Х., Гальванотехника для ювелиров, – Саратов, 2003 р. – 60 с.
7. Jan G. Korvink, Patrick J. Smith , Dong H. Shin, Ink jet micromanufacturing, Germany, 2012 р. – 358 с.
8. Эдхард Бреполь, Художественное эмалирование, – Машиностроение, 1986 р. – 56 с.
9. В.И. Марченков, Ювелирное дело – Москва, 1975 р. – 256 с.
10. solidscape.com
11. galloni-aseg.com/en/prodotto/g3-ultimate
12. vtk.com.ua
13. www.rundist.com
14. www.induktor.ru
15. Курдюмов А. В., Белов В. Д., Пикунов М. В., Чурсин В. М., Герасимов С. П., Моисеев В. С., Производство отливок из сплавов цветных металлов, – МИСиС, 2011 р., – 458 с. 16. <https://schumachertech.com>

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
Розроб.		Сидоренко					
Перевір.		Фесенко М.А.					
Н. Контр.		Федоров Г.Є					
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ФЛ-51		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						98	103

17. kla-tencor.com

18. jewell-portal.ru

19. Бреполь Э. Теория и практика ювелирного дела, – Л.: Машиностроение, 1982. – 379 с.

20. eos.info

21. jportal.ru

22. jtech.com

23. Злобинский Б.М. Охрана труда в металлургии. / Злобинский Б.М // М.: Металлургия – 1975. – 536 с.

24. Сперанский Б.С. Охрана окружающей среды в литейном производстве. / Сперанский Б.С., Туманський Б.Ф. // Киев – Донецк: Высшая школа – 1985. – 80 с.

25.[http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.1.1-](http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.1.1-7~2016.%20%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B0%20%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%E2%80%99%D1%94%D0%BA%D1%82%D1%96%D0%B2%20%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8.pdf)

[7~2016.%20%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B0%20%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%E2%80%99%D1%94%D0%BA%D1%82%D1%96%D0%B2%20%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8.pdf](http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B0%20%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%E2%80%99%D1%94%D0%BA%D1%82%D1%96%D0%B2%20%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8.pdf)

26. Зацарний В.В. Конспект лекцій з дисципліни «Основи охорони праці»./ К.: 2016 – 74 с.

27. Christopher Corti, Richard Holliday, Gold: Science and Applications, 2009 by CRC Press., - 444 с.

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ФЛ51.5108.1110.000 ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Сидоренко			ДОДАТКИ				Літ.		Арк.	Акрушів		
Перевір.		Фесенко М.А.									100	103		
Н. Контр.		Федоров Г.Є							КПІ ім. Ігоря Сікорського					
Затверд.									ІФФ, ФЛ-51					

[illegible]

[illegible]

[illegible]